

Processus d'idéation en conception architecturale instrumentée. Retour critique sur l'usage de l'intelligence artificielle générative texte-vers-image

Ideation Process in Instrumented Architectural Design: A Critical Review of the Use of Text-to-Image Generative Artificial Intelligence

Damien Claeys^{1,2} *

- ¹ Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme (LOCI), Université catholique de Louvain (UCLouvain), Bruxelles, Belgique
- ² Laboratoire Théorie des systèmes en architecture (tsa-lab), Institut de recherche de Louvain pour le territoire, l'architecture, l'environnement construit (LAB), Université catholique de Louvain (UCLouvain), Bruxelles, Belgique

Résumé : À l'instar d'autres évolutions des pratiques instrumentées de la conception architecturale, les outils récents d'IA générative se démocratisent et ils s'invitent dans les phases d'idéation. En questionnant leurs apports et leurs limites, le présent essai spéculatif est structuré en trois parties : (1) un exposé du processus d'idéation en conception architecturale ; (2) un modèle heuristique décrivant le rapport entre un concepteur et un outil génératif à partir d'une analogie inspirée du modèle canonique de la communication ; (3) une analyse critique des intelligences artificielles génératives en relativisant leur originalité et leur importance.

Mots-clés : architecture, idéation, conception générative, intelligence artificielle générative, texte-vers-image.

[Abstract: In line with other evolutions in digitally mediated architectural design practices, recent generative AI tools are becoming increasingly accessible and are now entering the early stages of ideation. This speculative essay examines their contributions and limitations and is structured into three parts: (1) an exploration of ideation within architectural design; (2) a heuristic model describing the relationship between a designer and a generative tool, based on an analogy inspired by the canonical model of communication; (3) a critical analysis of generative artificial intelligences, assessing the originality and significance of its outputs.]

Keywords: architecture, ideation, generative design, generative artificial intelligence, text-to-image.

INTRODUCTION

Parmi les différents instruments de conception disponibles, les outils de *generative artificial intelligence* (GAI) sont relativement *récents* (par exemple, DALL-E 1 de OpenAI en 2021 ; Midjourney, Stable Diffusion de Stability.AI, DALL-E 2 et ChatGPT d'OpenAI en 2022 ; ImageBind de Meta, Gemini de Google en 2023). Les GAIs se démocratisent et leur intégration s'accroît en phase d'idéation. Ils nécessitent peu d'équipement spécifique et ils produisent des images étonnantes, ce qui les rend accessibles et populaires. Leur prolifération est concomitante à l'apparition de plateformes conviviales et leur attractivité est liée au réalisme apparent des images qu'ils génèrent. Elles fascinent leurs utilisateurs puisque, à partir de quelques mots, elles construisent un imaginaire dont, après quelques itérations, elles multiplient les points de vue. Enfin, elles possèderaient « un réel potentiel » pour « supporter l'idéation en conception architecturale » (Yüksek 2023, p. 71) et pour « révolutionner la pratique architecturale » en générant « rapidement » et « facilement » des images photoréalistes, des modèles tridimensionnels et des visites virtuelles de projets (Yildirim 2022, p. 113).

À l'instar d'autres évolutions des pratiques instrumentées de la conception, les architectes questionnent les apports et les limites de l'usage immédiat des GAIs aux processus de projection architecturale qu'ils mènent. Plus largement, l'introduction des GAIs réinterroge ces mêmes processus par rapport à de multiples enjeux de conception (éthiques, énergétiques, techniques, créatifs, esthétiques, pédagogiques...). L'actualité de leur apparition et de l'apprentissage de leur fonctionnement pratique rend toute tentative d'analyse critique *délicate*. Nous avons peu de recul pour prendre la pleine mesure des effets positifs et négatifs, temporaires ou durables, de l'introduction de ce type d'instruments en conception architecturale. Mais ne pas entamer ce processus critique serait irresponsable.

L'objectif du présent essai est double : construire un modèle heuristique limité, décrivant l'interaction entre un concepteur et un outil d'intelligence artificielle générative de type *text-to-image*, et évaluer l'intérêt d'utiliser ce type d'instrument en phase d'idéation. Le texte est structuré en trois parties : (1) la description de l'origine, la définition et les effets du processus d'idéation en conception architecturale ; (2) la description et la modélisation heuristique de l'interaction entre un concepteur et une GAI ; (3) un retour critique sur les effets de l'usage des GAIs en

phase d'idéation en relativisant leur originalité et leur importance.

Dans le cadre limité du présent texte, l'interaction humain-machine (IHM) entre un architecte et une GAI est observée à partir de l'analogie cognitiviste entre un cerveau humain et un système de traitement d'information (Neisser, 1967). D'autres observations complémentaires, avec une approche externaliste, peuvent enrichir la critique proposée en intégrant, entre autres, la dimension sensori-motrice de l'usage d'instruments de conception (Claeys, Cleven, Roobaert, 2025) ou la dimension collaborative de la conception en équipe (Ben Rajeb, 2012).

PROCESSUS D'IDÉATION

De nombreux chercheurs et chercheuses décrivant la conception architecturale ont tenté de comprendre comment une idée initiale, encore peu définie, pouvait amorcer et orienter un processus de projection cohérent. D'autres questionnent les stratégies cognitives des concepteurs et les phases du processus concernés lorsqu'il définissent ce type d'idées.

Parti, problème, récit

Fin XIV^e siècle, l'expression *prendre un parti* (s'engager dans une situation, un état), donnera l'expression *prendre parti* (adopter résolument une décision) et finalement, au XVIII^e siècle, l'expression *parti pris* (prise de décision). Dans le « système beaux-arts » (Giraldeau 1986), établi principalement du XIX^e au début du XX^e siècle, un enseignement élitiste valorise une « virtuosité graphique » (Willoughby 1999) et trois types codifiés d'exercices existent (analytique, esquisse-esquisse, projet-rendu). Durant habituellement douze heures, l'esquisse-esquisse « vise à définir les grandes lignes d'une composition en un seul dessin » (Giraldeau 1986, p. 11) et elle comprend quatre étapes : (1) comprendre un « programme » donné par les enseignants ; (2) étudier plusieurs stratégies alternatives pour y répondre ; (3) choisir parmi elles un « parti » par l'établissement d'une stratégie de composition des éléments du programme ; (4) faire l'« esquisse », en tant que « manifestation dessinée du parti » (Willoughby 1999). Dans ce type d'enseignement, l'esquisse du parti est fortement valorisée, parce qu'elle permet, en peu de temps, de résumer une intention. L'intuition correspond alors à l'expression furtive du génie créatif de l'académicien, choisie pour résoudre une situation. Médiatisé par ses représentations graphiques, le parti contient alors pour l'architecte l'*essence* du projet.

Au début du xx^e siècle, alors que le mot *programme* fait penser à l'ordre des scènes dans un opéra romantique (Willoughby 1999), les modernistes le remplacent par le mot *problème*. Ils substituent également le « parti tiré de l'intuition » exprimé par l'« esquisse » par la « solution induite par l'analyse », décrite par le « schéma d'analyse ».

Après mai 1968, les postmodernistes cherchent la référence, l'analogie et la critique. Ils remplacent le parti (stratégie conçue par intuition) et la solution (issue d'une analyse factuelle) par le « récit », les méthodes scientifiques par un « modèle linguistique ».

Générateur, conjecture, analyse

Parallèlement à la transition entre modernisme et postmodernisme, la boucle traditionnelle « *analysis-synthesis* » de la première génération du *Design Methods Movement* (DMM) des années 1950, plutôt behavioriste, est partiellement remise en cause par la « seconde génération » (Rittel 1984), plutôt cognitiviste, fortement influencée par les recherches d'Herbert A. Simon (1969), avant d'être réfutée par les modèles conjecturels de la « troisième génération » (Broadbent 1979), fortement influencée par les travaux de Karl R. Popper (1963).

La troisième génération attribue au concepteur, expert possédant inévitablement des *préconceptions*, le rôle d'*induire* des « conjectures », autant de propositions que les usagers peuvent « analyser » avant de formuler des « réfutations ». Avec cette posture, le concepteur ne recherche plus une solution au sein d'un espace-problème prédéfini, mais il construit itérativement son espace de conception à l'aide de logiciels générateurs d'alternatives. Le modèle « *analysis-synthesis* » est alors adapté par celui de « *conjecture-analysis* » (Hillier, Misgrove, O'Sullivan 1972).

Dans un texte iconique, Jane Darke (1979) propose le modèle empirique « *generator-conjecture-analysis* » et elle définit le concept de « *primary generator* », en revalorisant le rôle de l'intuition : « Le concept ou l'objectif qui génère une solution est ici appelé le *générateur primaire*. Il peut en réalité s'agir d'un groupe de concepts liés plutôt que d'une seule idée. Ces objectifs constituent un point de départ pour l'architecte, une *porte d'entrée* dans le problème [...]. Un générateur primaire particulier peut être justifiable de manière rationnelle, mais au moment où il entre dans le processus de conception, il relève généralement davantage d'un acte de foi de la part de l'architecte, d'une contrainte imposée par le concepteur, pas nécessairement explicite. » (Darke, 1979, p. 38) Elle affirme que le modèle traditionnel d'« *analysis-synthesis* » ne correspond pas aux pratiques observées chez les

concepteurs et qu'« un modèle subjectif alternatif basé sur l'intuition, l'expérience et la connaissance tacite du concepteur » est « plus proche de la vérité » (Taylor 2011). Dit avec des mots simples, Darke propose : « commencez par décider ce qui vous semble être un aspect important du problème, élaborez une ébauche de conception sur cette base, puis examinez-la pour voir ce que vous pouvez découvrir d'autre sur le problème » (Lawson, 2005, p. 46). Par ailleurs, le choix d'un *primary generator* est également tributaire des « *guiding principles* » du concepteur (croyances, valeurs, attitude personnelle...) (Lawson 2005, chap. 10).

En analysant comment des étudiants en architecture travaillent lorsqu'ils sont confrontés à un *wicked problem*, Donald Schön (1983) remarque qu'ils essaient de réduire la complexité, de la filtrer cognitivement, par un processus de « *framing* », en définissant le problème et ce qui doit être pris en compte ou non. À l'image du *primary generator*, une « *frame* » détermine comment le problème est posé avant d'envisager une solution, elle établit un cadre de référence pour la « conversation avec la situation » entamée par le « praticien réflexif » : la situation problème du projet « *talks back* » au concepteur qui lui répond par un « *back talk* », par l'action de représenter, ce qui produit des résultats inattendus, de nouvelles significations, de nouvelles idées (Schön 1983, p. 79). L'évolution itérative correspond à une structure cyclique de « *seeing-moving-seeing* » (Schön, Wiggins 1992, p. 137).

De nombreux chercheurs observent que, en début d'activité, les concepteurs tendent à sélectionner une « *kernel idea* » et à la développer jusqu'à la fin du processus (Visser 2006, p. 184-187). Plutôt que de commencer par proposer une idée de conception globale, un concepteur expérimenté se concentre généralement sur une idée centrale, rapidement sélectionnée parmi celles qu'il connaît, avant de l'étendre progressivement à l'ensemble du projet. De nombreux synonymes du concept de *primary generator* apparaissent dans la littérature avec quelques variations : « *organizing principle* » (Rowe 1987) ; « *early crystallization* » (Goel 1995) ; « *concept* », « *parti* » et « *central idea* » (Lawson 2005, p. 189) ; « *early solution conjectures* » ou « *solution fixation* » dans une « *problem formulation* » (Cross 2001, p. 83).

Heuristique, abduction, sérendipité

Qu'il s'agisse du parti classique (intuition), du programme moderne (analyse) ou du récit postmoderne (conjecture), la détermination d'une idée en début de processus de projection est liée à la nature particulière des questions traitées en conception architecturale.

Face à la complexité inhérente à un *wicked problem*, le concepteur affecté d'une « *bounded rationality* » (Simon 1957, p.196) adopte des stratégies mentales pour minimiser l'effort cognitif nécessaire à sa résolution. À partir de ses expériences passées de la projection, l'expert active un *générateur primaire* et il réduit ainsi de manière concomitante, l'étendue du problème pris en compte (négociation des contraintes du programme, préstructuration du problème...) et le périmètre des solutions possibles correspondantes (adaptation de modèles connus à des contextes différents, sélection d'une famille de solutions...), pour se focaliser sur des aspects ou des objectifs qu'il considère essentiels. En cours de conception, plusieurs générateurs peuvent donc être en jeu avec des intensités variables et ils peuvent relancer le processus de projection lorsqu'ils sont mobilisés. Par ailleurs, la mise en œuvre d'un générateur donné n'est pas nécessairement visible dans le résultat de la conception car son importance peut s'estomper au cours du processus de conception (Luyten 2022, p. 130).

L'usage de générateurs est l'expression d'une stratégie heuristique, soutenant un raisonnement abductif et favorisant la sérendipité créative. Le concepteur minimise sa charge mentale lorsqu'il associe, à la fois, « la provocation d'une altération du processus (le pseudo hasard), la mobilisation d'une compétence cognitive (la perspicacité) et la pratique d'une méthode de raisonnement (l'abduction) » (Claeys 2015, p. 23).

(1) Un générateur limite artificiellement et rapidement l'espace de solution. Le concepteur utilise une « stratégie heuristique » (Claeys, Roobaert 2022), intuitive et efficace, fondée sur des règles pratiques ou des expériences passées, pour formuler une solution « *satisficing* » (Simon 1947, p. 118).

(2) Un générateur favorise la formulation risquée de solutions innovantes et créatives. Le concepteur mène un raisonnement abductif en tirant parti de l'état de ses expériences et de ses connaissances, en combinant rationalité et imagination. Il infère quelque chose par *intuition*, en proposant une solution la plus plausible possible, mais sans être sûr de sa pertinence.

(3) Un générateur favorise la sérendipité, une « pratique abductive » liée à la « faculté de saisir et d'interpréter ce qui se présente à nous de manière inattendue » (Catellin 2004, p. 179), en tant que « la faculté de trouver la preuve de ses idées de manière inattendue », ou « de découvrir des objets ou des relations sans les avoir cherchés » (Claeys 2015, p. 22).

Processus d'idéation cognitif, collaboratif et instrumenté

La nature heuristique, abductive et sérendipiteuse de l'usage de générateurs s'exprime dans le processus d'idéation.

Proposé par James Mill (1829, p.41), le mot *idéation* apparaît dans la tradition empiriste, favorisant le raisonnement inductif, fondé sur l'expérience répétée du réel. Mill distingue deux types de « traces » : la « sensation », « lorsque l'objet sensible est présent », et l'« idée », « après que l'objet sensible a cessé d'être présent ». Alors que le mot *sensation* désigne, à la fois, une « sensation individuelle » et une « faculté générale », il remarque que le mot *idée* ne désigne qu'une « idée individuelle », et qu'aucun mot ne désigne la capacité à créer des idées, ce qui l'amène à proposer le concept d'« idéation ». De l'anglais, le mot *idéation* apparaît en français chez Théodule Ribot (XIX^e siècle). L'idéation est la « formation » et l'« enchaînement » des idées, et la « fonction naturelle de l'esprit à étudier empiriquement », comparable aux « fonctions physiologiques du corps » (Lalande 1926, p. 445).

À partir de la connaissance limitée du problème, le *processus d'idéation* est la formulation spontanée et itérative de *conjectures*, sur une période condensée, pour déterminer une intuition, un principe général ou une orientation du processus de résolution.

En conception architecturale, une *phase d'idéation* est une période donnée au cours de laquelle un processus de génération d'idées est lancé, de manière individuelle ou collective pour explorer des alternatives. La définition d'une phase est théorique. Le fait qu'elle soit bornée dans le temps a peu de sens d'un point de vue cognitif, puisque le concepteur développe constamment de nouvelles idées. L'identification d'un générateur ou d'une phase d'idéation est donc ardue puisqu'opérer un instantané dans une succession fluide d'actes mentaux est impossible. Seule l'expression externe d'un parti graphique est accessible, si bien que le premier dessin d'un projet est souvent considéré comme la représentation d'un générateur. Le processus d'idéation est donc à l'œuvre pendant l'entièreté du processus. Une phase d'idéation intense amorce habituellement le processus (générateur primaire, G_0), mais d'autres phases d'idéation apparaissent lors du processus, lorsque le concepteur désire, en tout ou en partie, réanalyser le problème, réorienter le processus ou raffiner la solution (générateurs intermédiaires, G_i).

Le *processus d'idéation* peut être, à la fois, personnel, collaboratif et/ou instrumenté : (1) un concepteur engage un processus interne et autonome, une forme de conservation avec lui-même, en générant, en associant et en adaptant des

idées ; (2) une équipe de concepteurs alimente des processus externes et participatifs, une co-construction d'idées à travers des conversations collaboratives en recourant, entre autres, à des outils génératifs externes, pour augmenter le nombre et l'originalité des idées ; (3) des outils génératifs, partiellement supervisés par ceux qui les ont codés, déclenchent des processus externes de générations de représentations pouvant susciter des idées au concepteur réflexif ou au sein de conversations collaboratives.

Les phases d'idéation auxquelles participent les GAIs sont les moments où le concepteur essaie d'extérioriser ou d'intérioriser mentalement des images, là où se jouent les multiples conversations entre les pensées personnelles du concepteur, celles d'autres concepteurs avec lesquels il collabore, et les représentations externes produites par l'un et les autres au cours du processus de conception.

Au cours de ces conversations, il apparaît que : « Les concepteurs perçoivent souvent plus dans leurs représentations qu'ils n'y ont mis en les créant ». Ce qui signifie que : « Les designers travaillent avec des informations incomplètes, en prenant des décisions provisoires qui doivent être révisées. L'imprécision (flexibilité), l'ambiguïté (multiplicité de sens) et l'abstraction (simplification) caractérisent la relation entre les solutions actuelles et potentielles » (Dorta, Pérez, Lesage 2008, p. 123). Enfin, les représentations externes sont considérées comme des « artefacts cognitifs de la conception » dans le sens où elles deviennent essentielles lorsque le concepteur est dans l'impossibilité de visualiser mentalement ou résoudre un problème complexe (Visser 2006).

IDÉATION GÉNÉRATIVE

Avant de proposer une modélisation heuristique de l'interaction entre un concepteur et un générateur d'images doté d'intelligence artificielle, il faut introduire la GAI en tant qu'instrument de la conception architecturale.

GAIs *text-to-image*

Sans entrer dans des détails techniques, le développement récents des GAIs peut être retracé en quatre étapes principales (Frolov et al. 2021 ; Mancini, Menconero 2023) : (1) invention préalable des *variational auto encoders* (VAEs) (Kingma, Welling 2013), pour développer des représentations compactes d'images, et des *generative adversarial networks* (GANs) (Goodfellow et al. 2014), pour générer des images réalistes ; (2) création du premier système de type *text-to-image* à partir d'une architecture

conditionnelle de GAN (cGANs), générant des images plausibles conditionnées par des descriptions textuelles détaillées (Reed et al. 2016) ; (3) création du Contrastive Language-Image Pre-training (CLIP) (Radford et al. 2021), établissant un alignement sémantique texte/image dans un espace latent unique, associé au Vector Quantized GAN (VQGAN) pour générer les premières images réellement artistiques (Esser, Rombach, Ommer 2021) ; (4) remplacement des GANs par des Denoising Diffusion Probabilistic Models (DDPM) (Ho, Jain, Abbeel 2020), des modèles de diffusion générant des images en partant de bruit et en le débruitant progressivement.

Parmi les applications des GAIs dans le domaine de la conception architecturale, trois mouvements principaux apparaissent (Yang et al. 2020; Mancini, Menconero 2023; Li et al. 2025) : (1) *texte/image-vers-image 2D* : l'opération la plus courante consiste à générer des images à partir de descriptions textuelles, comme un plan 2D, ou à transformer une image d'entrée pour qu'elle corresponde aux caractéristiques d'une image cible ; (2) *texte/image-vers-modèle 3D* : génération de modèles 3D à partir de textes, d'images, de plans 2D, de maillages texturés ou de nuages de points ; (3) *texte/image-vers-vidéo* : création de vidéos à partir d'instructions textuelles/graphiques.

Seul le mouvement de base *text-to-image* est critiqué ici, mais les conclusions tirées sont généralisables aux autres mouvements.

À partir de méthodes de *machine learning* (ML) utilisées sur des *artificial neural networks* (ANNs), le cœur d'un GAI *text-to-image* fonctionne avec un *modèle de diffusion* préalablement : (1) *alimenté* par un jeu de données texte-image de base, associant des légendes et des image (*data set*) ; (2) *entraîné* de manière hybride à proposer une image la plus pertinente possible à partir d'un texte donné (*supervised and unsupervised learning*) ; (3) *raffiné* pour gérer les biais d'apprentissage, l'apparition malvenue de contenus inappropriés et la qualité esthétique des images produites.

Au sein d'un GAIs *text-to-image* les informations passent par cinq étapes (*cf.* fig. 1) : (1) un *prompt* : une description en langage naturel fournie par l'utilisateur à l'aide d'une commande textuelle (*textual input*) ; (2) un *encodage* : une conversion du *prompt* en une représentation vectorielle latente dans un espace sémantique (*coding*) ; (3) un *processus de génération* : la représentation vectorielle est manipulée par un modèle d'apprentissage génératif dans l'espace latent (*diffusion model*) ; (4) un *décodage* : une transformation de la représentation vectorielle latente en image pixellisée (*decoding*) ; (5) un

affichage : une représentation à l'écran de l'image générée, après un post-traitement, pour raffiner la résolution, le cadrage, ou appliquer des filtres (*refinement, visual output*).

Si les architectes ont l'habitude de l'affichage d'images à l'écran, deux concepts sont moins évidents : le *prompt* et l'*espace latent*.

Ingénierie du *prompt*

Au XIV^e siècle, le mot latin *promptus* (visible, prêt, disponible, prompt, manifeste) a donné le verbe anglais *prompten* (inciter à l'action, encourager), indiquant, au début XV^e siècle, le fait d'aider quelqu'un qui a oublié ou n'a pas appris correctement quelque chose (suggestion, information suggérée), puis, au XVII^e siècle, le fait d'aider les acteurs de théâtre dans leurs répliques. Sachant que le souffleur peut parfois jouer des tours. Lors de la sortie des premiers micro-ordinateurs destinés au grand public (par exemple, l'Apple II en 1977), des interfaces clavier/écran sont proposés, et le mot *prompt* devient un message donné par un ordinateur, une invite de commande ou un texte consigne, nécessitant ou aidant un utilisateur à répondre. Bien que l'adjectif français *prompt* soit apparu au XII^e siècle (qui est rapide, ne tarde pas à venir, qui va vite, se passe vite, en un moment, qui ne perd pas de temps), le nom commun est un anglicisme au sens informatique. Enfin, le mot *prompt* est repris dans le domaine spécifique des GAIs, en tant que liste d'instructions, rédigée et structurée en langage naturel, nécessaire pour que l'outil génère quelque chose.

L'usage du *prompt* enrichit les pratiques instrumentées de la conception architecturale, en développant un type spécifique d'interaction humain-machine. Traditionnellement, le travail des architectes repose sur la production de représentations graphiques plutôt que sur l'écriture de textes. Des invites de commande en langage *formel* sont couramment utilisées dans des logiciels d'aide à la conception, mais créer des *prompts*, sous la forme des requêtes structurées en langage *naturel*, est relativement inédit. En effet, en créant un *prompt*, le concepteur entame un dialogue avec une interface suggestive mettant en relation la mémoire, l'attention et la motivation du concepteur pour l'inciter à l'action : (1) le *prompt* est rédigé *explicitement* par le concepteur en langage *naturel* et en fonction d'un objectif clair ; (2) sous l'apparence d'un monologue avec la machine, le *prompting* est une *conversation* réflexive (*introspection*) et itérative (*adjusting/refining*) ; (3) la *motivation* du concepteur est *conditionnée* pour l'engager dans la tâche et le pousser à la reproduire (*reenforcement*), en lui procurant un *plaisir* immédiat (surprise de l'image générée), en suscitant un *espoir* (progrès

d'une image à l'autre) et une *récompense* (message d'encouragement individuel, avis d'autres utilisateurs) ; (4) le concepteur est encouragé par une interface simple, des interactions intuitives (demandant peu de capacités et de connaissances), un nombre limité d'étapes automatiquement assistées (auto-complétions, suggestions intelligentes...) ; (5) l'action du concepteur est guidée et rythmée par des notifications (*triggers/reminders*), activées au moment où il est le plus réceptif, lorsqu'il a l'intention d'agir (mobiliser les habitudes et les routines de l'utilisateur ou faciliter l'adoption d'un comportement), en collectant et analysant des données utilisateur (nombre de clics, historique des *prompts*, temps passé sur l'application...).

Espace latent

En *machine learning*, un *latent space* est un ensemble de couches cachées de traitement de données, une représentation interne des données produite par l'algorithme d'apprentissage de la GAI après encodage des données issues du modèle de connaissance préconstruit par entraînement et de celles issues du *prompt*. Il est non apparent, sous-jacent dans le sens où les données brutes créées par l'algorithme ne sont pas observables par l'utilisateur. Quelques techniques de visualisation de l'espace latent existent pour le relier à l'espace visuel, mais le lien est difficile entre l'interprétation et le modèle lui-même. Il est la représentation compressée de données en ne conservant que les caractéristiques (*features*), la structure sous-jacente choisie en fonction des *outputs* espérés. Techniquement, la nature d'un espace latent est difficile à comprendre, mais intuitivement, elle peut être comprise comme le lieu de traitement de données interne à l'outil utilisé. Par ailleurs, les GAIs ne sont pas les seuls instruments à posséder un espace latent : qui peut prétendre décrire comment les idées se forment dans le cerveau ou comment un dessin arrive sur l'écran d'un ordinateur ? En effet, le processus de conception passe également par des phases cognitives de latence naturelles.

Interaction humain-GAIs

Après la description d'une GAI, voici celle d'un concepteur impliqué dans une interaction avec un outil en situation de conception instrumentée (cf. fig. 1). Avec une approche internaliste de la conception, fondée sur l'analogie entre cognition et traitement d'information (Claeys, 2013, 2017, 2023), l'activité mentale d'un concepteur est modélisée par une boucle comportementale entre perception consciente, intégration et action volontaire (Kahle, Frotscher, 2007, p. 2). À son tour, l'intégration possède une capacité d'arbitrage entre

les informations transitant par la boucle comportementale et celles de la mémoire. Toute décision est prise par le concepteur par équilibrage entre informations traitées (perceptives et mnésiques) et la finalité *projective* poursuivie de manière *opératoire* (non métaphysique et non théologique). Le concepteur en interaction avec un générateur d'images doté d'intelligence artificielle est traversé par cinq étapes de transfert d'informations : (1) une stimulation est captée par les organes sensoriels via l'enveloppe corporelle (senseurs) ; (2) les données sont transmises à la conscience (intéroception) ; (3) la conscience équilibre les données ascendantes de la perception et celles descendantes de la mémoire pour interpréter la stimulation ; (4) la conscience transmet des données aux organes effecteurs (extéroception) ; (5) les organes effecteurs agissent sur l'instrument de conception via l'interface utilisateur (effecteurs).

En combinant, une GAI et un concepteur dans un modèle heuristique simplifié, une boucle apparaît et elle est active autant de fois qu'un concepteur introduit un nouveau *prompt* (cf. fig. 1).

ANALYSE CRITIQUE

Sans explorer d'autres questions cruciales pour notre avenir et liées à l'usage d'outils intelligents (empreinte écologique, injustice sociale, gestion des droits d'auteur...), plusieurs éléments d'analyse critique permettent la description de quelques apports et limites de l'usage des GAIs *text-to-image* ayant un impact *direct* en conception architecturale.

(1) Une production d'images ambiguës : la représentation générée illustre un *objet*, mais elle ne détermine pas un *projet*. Elle permet de voir, mais pas de comprendre. Elle crée une *atmosphère* réaliste et fascinante autour de lui, mais l'objet représenté, en lui-même, est *désincarné*. En effet, l'image n'est pas le résultat d'une conception, elle n'exprime pas un projet construit pas à pas et défini par un ensemble coordonné et cohérent de documents, associé à un ensemble de règles sémantiques de composition, pouvant mener à la fabrication. Néanmoins, les GAIs ne sont pas les seuls outils jouant avec ce type d'ambivalence.

(2) Une méthode d'idéation inédite : les échanges conversationnels entre les concepteurs et les GAIs produisent des images, rapidement et en grand nombre, leurs permettant d'accélérer les itérations et de diversifier les références en phase d'idéation. Encourageant la *sérendipité* en suggérant des idées que les concepteurs ne cherchent pas, les GAIs amplifient la dynamique créative, elles favorisent la collecte d'inspirations graphiques, l'hybridation de styles architecturaux, la formulation d'hypothèses

alternatives. Les principaux usages potentiels des GAIs en phase d'idéation sont liés à l'« exploration » de « styles architecturaux », de « matérialités », de « combinaison d'idées », de « morphologies architecturales » et d'« atmosphères » (Yüksek, Boissieu, 2025). Néanmoins, les concepteurs peuvent avoir des difficultés à « aligner » les résultats obtenus par les GAIs et leurs intuitions initiales. De plus, la fascination exercée par l'hyperréalisme des images exerce une séduction pouvant mener les concepteurs à une forme de « fixation », les rendant incapable d'explorer des alternatives pertinentes pour le projet en cours, alors les images les empêchent d'envisager d'autres familles de solutions que celle qui leurs sont présentées.

(3) Une hybridation de l'écosystème de conception : comme d'autres outils de conception, les GAIs concourent à l'établissement d'un « *hybrid ideation space* » (Dorta, Pérez, Lesage 2008), « en augmentant les outils analogiques avec des capacités numériques tout en respectant le besoin des concepteurs d'avoir une conversation réflexive ininterrompue avec leurs représentations, ce qui devrait enrichir l'idéation ». Installée entre l'élaboration de *prompts* par l'humain et, en réponse, la génération d'images par la machine, la dynamique itérative de perfectionnement des idées renforce le dialogue entre le concepteur (seul ou en équipe) et les représentations externes. Ce dialogue s'étend également aux autres outils de conception, puisque les images générées peuvent être retravaillées, modifiées, affinées en les adaptant avec d'autres outils (par exemple, à la main sur un calque ou avec un logiciel de retouche d'image).

(4) Une structure sous-jacente opaque : les concepteurs sont dans l'impossibilité de visualiser le fonctionnement interne et les données utilisées dans l'*espace latent*. L'image générée est une reconstruction faite à partir d'un modèle d'apprentissage entraîné de manière hybride et préconstruit à partir d'une base de données constituée de très nombreuses légendes et images, non choisies et non connues par les concepteurs, dont l'homogénéité insoupçonnée peut limiter la créativité ou mener à des biais stylistiques et sémantiques. La création de bases de données spécifiques au domaine de l'architecture pourrait être une alternative intéressante, mais des bases de données plus générales pourraient fournir plus d'alternatives inédites en phase d'idéation.

(5) Une transformation de l'expertise : l'opacité des techniques, des types et de la nature des données et algorithmes sous-jacentes aux GAIs provoque une forme de dépossession des utilisateurs affectant leur rôle dans la conception. L'intelligence artificielle étant alors « considérée avec défiance comme une *black box*, conçue et implémentée par

d'autres, dont la complexité et l'évolution constante briment l'autonomie et la créativité des concepteurs architecturaux » (Roobaert, Claeys 2024). L'accélération et la démocratisation de la création de contenus graphiques personnalisés met en concurrence les architectes avec de nouveaux spécialistes, leur imposant de développer rapidement de nouvelles compétences.

CONCLUSION

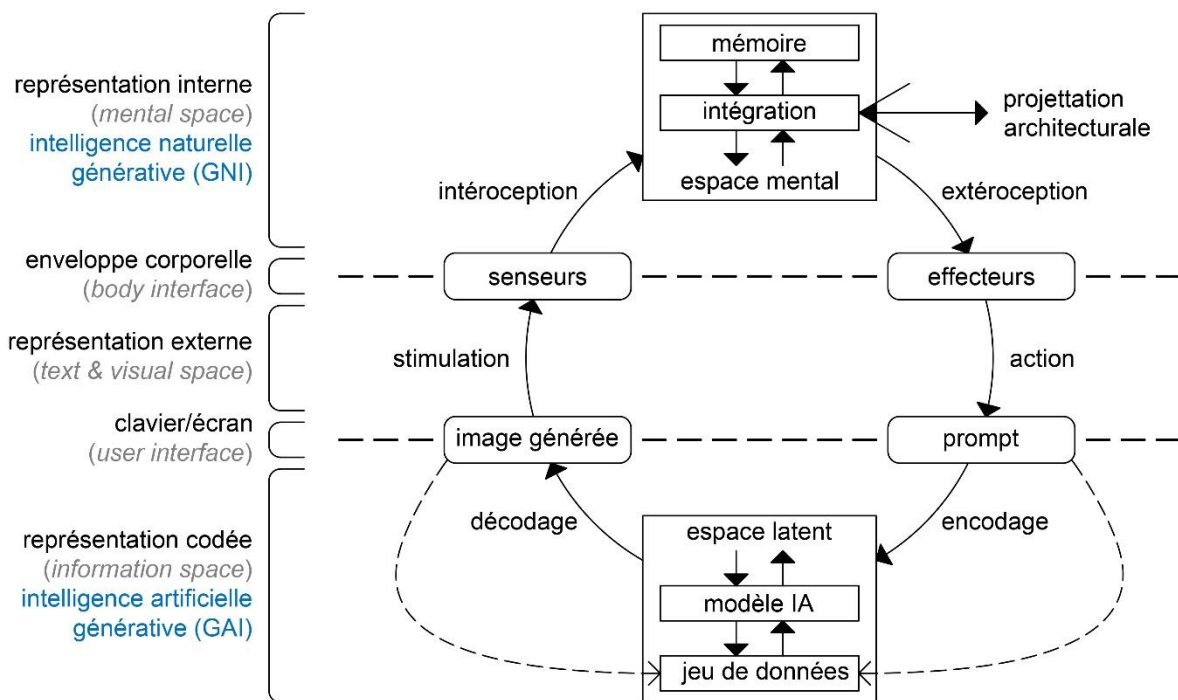
Pour conclure, un modèle heuristique est proposé pour décrire, en conception architecturale, le rapport dynamique entre un concepteur et un outil d'intelligence artificielle générative de type *text-to-image* (cf. fig. 1). Avec une approche cognitiviste, il met en évidence une boucle comportementale mettant en conversation réflexive un humain et une machine en phase d'idéation : décision dans l'espace mental d'utiliser l'outil > extéroception > déclenchement d'une réaction musculaire > action > écriture d'un *prompt* au clavier > encodage > espace latent > décodage > affichage d'une image générée à l'écran > stimulation > captation par les organes perceptifs > intéroception > intégration dans l'espace mental et, si nécessaire, décision de mener une itération supplémentaire avec l'outil. Dans la conversation établie, le *feedback* est opéré pas la cognition du concepteur. Dans une certaine mesure, la conversation se passe donc entre le concepteur et lui-même : les boucles de rétroactions enclenchées à partir de la génération de plusieurs variantes d'images lui permettent de clarifier son intuition initiale. Bien qu'il serve, en

quelque sorte, d'*effet miroir* aux projections du concepteur, la GAI est une boîte noire sujette elle-même à un traitement d'information partiellement *indépendant* du message du concepteur.

Ensuite, la critique de l'usage des GAIs relativise leur importance, puisqu'elle montre que d'autres outils plus traditionnels de conception ont les mêmes effets, positifs ou négatifs : supporter des phases d'idéation, proposer des images captivantes et réalistes, enrichir des écosystèmes de conception, mais également cacher aux utilisateurs, dans une certaine mesure, les effets écosociaux de leur consommation énergétique et de la mise en concurrence avec un nouveau profil d'experts, ainsi que la structure sous-jacente et les informations utilisées pour leur fonctionnement, les techniques de captation de l'attention des utilisateurs ou d'orientation de leurs processus de projection.

Néanmoins, comme à chaque introduction d'un nouvel outil dans nos écosystèmes de conception, moyennant la transformation de nos pratiques professionnelles et l'acquisition de compétences techniques étendues, l'usage des GAIs *text-to-image* permet une production rapide, variée et fascinante de contenus visuels lors des phases réflexives d'idéation en conception architecturale.

Fig. 1 Modèle heuristique d'un concepteur architectural assisté par un instrument d'intelligence artificielle générative *text-to-image*, au cours d'un processus de projection architecturale.



RÉFÉRENCES

- BEN RAJEB, Samia, 2012. *Modélisation de la collaboration distante dans les pratiques de conception architecturale : caractérisation des opérations cognitives en conception collaborative instrumentée*. Thèse de doctorat en architecture. Paris : École Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-La Villette.
- BROADBENT, Geoffrey H., 1979. The developments of design methods. *Design Methods and Theories*. Vol. 13, n° 1, pp. 41-45.
- CATELLIN, Sylvie, 2004. L'abduction : une pratique de la découverte scientifique et littéraire. *Hermès, La Revue*. Vol. 39, n° 2, pp. 179-185. DOI 10.4267/2042/9480.
- CLAEYS, Damien, 2013. *Architecture et complexité : un modèle systémique du processus de (co)conception qui vise l'architecture*. Louvain-la-Neuve : Presses universitaires de Louvain.
- CLAEYS, Damien, 2015. Concevoir un projet d'architecture : calmer les certitudes, gérer l'incertitude. *Lieuxdits*. Vol. 9, pp. 20-23. DOI 10.14428/ld.vi9.22933.
- CLAEYS, Damien, 2017. De l'interprétation créative du réel au processus bayésien de conception architecturale. *Acta Europeana Systemica*. Vol. 7, pp. 65-80. DOI 10.14428/aes.v7i1.56643.
- CLAEYS, Damien, 2023. Physiological and cognitive discontinuities. From mythical mediation to implicit discretization of architectural design tools. *Frontiers of Architectural Research*. Vol. 12, n° 1, pp. 1-12. DOI 10.1016/j.foar.2022.06.008.
- CLAEYS, Damien, CLEVEN, Sheldon et ROOBAERT, Louis, 2025. Sensorimotricity in tool-based architectural design. Reconnecting with corporality. *Le travail humain*. Vol. 88, n° 4, pp. 387-409. DOI 10.3917/th.884.0387.
- CLAEYS, Damien et ROOBAERT, Louis, 2022. Trois systèmes de raisonnement en conception architecturale : heuristique, algorithmique, métacognition. *lieuxdits*. N° 22, pp. 10-21. DOI 10.14428/ld.vi22.67143.
- CROSS, Nigel, 2001. Design cognition: Results from protocol and other empirical studies of design activity. In : EASTMAN, Charles M., MCCracken, W. Michael et NEWSTETTER, Wendy C. (ed.), *Design Knowing and Learning. Cognition in Design Education*. Amsterdam: Elsevier. pp. 79-103.
- DARKE, Jane, 1979. The primary generator and the design process. *Design Studies*. Vol. 1, n° 1, pp. 36-44. DOI 10.1016/0142-694X(79)90027-9.
- DORTA, Tomás, PÉREZ, Edgar et LESAGE, Annemarie, 2008. The ideation gap: hybrid tools, design flow and practice. *Design Studies*. Vol. 29, n° 2, pp. 121-141. DOI 10.1016/j.destud.2007.12.004.
- ESSER, Patrick, ROMBACH, Robin et OMMER, Björn, 2021. Taming transformers for high-resolution image synthesis. In : *2021 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* [en ligne], pp. 12868-12878. [Consulté le 5 mai 2025]. Disponible à l'adresse : <https://ieeexplore.ieee.org/document/9578911>.
- FROLOV, Stanislav, HINZ, Tobias, RAUE, Federico, HEES, Jörn et DENGEL, Andreas, 2021. Adversarial Text-to-Image Synthesis: A Review. *Neural Networks*. Vol. 144, pp. 187-209. DOI 10.1016/j.neunet.2021.07.019.
- GIRALDEAU, François, 1986. Le système Beaux-Arts. *Continuité*. N° 31, pp. 10-14.
- GOEL, Vinod, 1995. *Sketches of Thought*. Cambridge: The MIT Press.
- GOODFELLOW, Ian, POUGET-ABADIE, Jean, MIRZA, Mehdi, XU, Bing, WARDE-FARLEY, David, OZAIR, Sherjil, COURVILLE, Aaron et BENGIO, Y., 2014. Generative Adversarial Networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*. Vol. 3. DOI 10.1145/3422622.
- HILLIER, Bill, MISGROVE, John et O'SULLIVAN, Pat, 1972. Knowledge and design. In : MITCHELL, William J. (ed.), *Environmental Design: Research and Practice. Proceedings of the EDRA3/AR8 Conference* [en ligne]. Los Angeles : University of California Press. [Consulté le 27 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://eric.ed.gov/?id=ED079828>.
- HO, Jonathan, JAIN, Ajay et ABBEEL, Pieter, 2020. Denoising diffusion probabilistic models. *ArXiv* [en ligne]. [Consulté le 5 mai 2025]. Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.11239>.
- KAHLE, Werner et FROTSCHER, Michael, 2007. *Atlas de poche d'anatomie. 3. Système nerveux et organes de sens*. Paris : Flammarion. Médecine-Sciences. ISBN 978-2-257-14253-5.
- KINGMA, Diederik P. et WELING, Max, 2013. Auto-encoding variational bayes. In : *International Conference on Learning Representations*.
- LALANDE, André (éd.), 1926. *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*. Paris : Presses universitaires de France. ISBN 978-2-13-058582-4.

- LAWSON, Bryan R., 2005. *How Designers Think: The Design Process Demystified*. Oxford: Architectural Press. ISBN 978-0-7506-6077-8.
- LI, Chengyuan, ZHANG, Tianyu, DU, Xusheng, ZHANG, Ye et XIE, Haoran, 2025. Generative AI models for different steps in architectural design: A literature review. *Frontiers of Architectural Research*. Vol. 14, n° 3, pp. 759-783. DOI 10.1016/j.foar.2024.10.001.
- LUYTEN, Laurens, 2022. Structure as (primary) generator of architectural design: a study of a master dissertation studio. *Architecture, Structures and Construction*. Vol. 2, n° 1, pp. 129-143. DOI 10.1007/s44150-022-00033-0.
- MANCINI, Matteo Flavio et MENCONERO, Sofia, 2023. AI-aided Design? Text-to-image Processes for Architectural Design. *disegno*. N° 13, pp. 57-70. DOI 10.26375/diseño.13.2023.8.
- MILL, James, 1829. *Analysis of the phenomena of the human mind*. London: Baldwin and Cradock.
- NEISSER, Ulric, 1967. *Cognitive Psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- POPPER, Karl R., 1963. *Conjectures and refutations: the growth of scientific knowledge*. London; New York: Routledge & K. Paul. ISBN 978-0-415-28593-3.
- RADFORD, Alec, KIM, Jong Wook, HALLACY, Chris, RAMESH, A., GOH, Gabriel, AGARWAL, Sandhini, SASTRY, Girish, ASKELL, Amanda, MISHKIN, Pamela, CLARK, Jack, KRUEGER, Gretchen et SUTSKEVER, I., 2021. Learning transferable visual models from natural language supervision. In : *International Conference on Machine Learning* [en ligne]. [Consulté le 5 mai 2025]. Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.48550/arXiv.2103.00020>.
- REED, Scott, AKATA, Zeynep, YAN, Xinchun, LOGESWARAN, Lajanugen, SCHIELE, Bernt et LEE, Honglak, 2016. Generative adversarial text to image synthesis. In : *Proceedings of The 33rd International Conference on Machine Learning*.
- RITTEL, Horst W. J., 1984. Second-generation design method. In : CROSS, Nigel (ed.), *Developments in Design Methodology*. Chichester: John Wiley & Sons. pp. 317-328. ISBN 978-0-471-10248-9.
- ROOBAERT, Louis et CLAEYS, Damien, 2024. Modèle tabulaire adaptatif de classement des outils intelligents d'aide à la conception architecturale. In : MARIN, Philippe (éd.), *BIM : données, intelligences et nature de la ville durable. Ingénierie et architecture, enseignement et recherche*. Paris : Eyrolles. pp. 37-56.
- ROWE, Peter G., 1987. *Design Thinking*. Cambridge: The MIT Press. ISBN 978-0-262-68067-7.
- SCHÖN, Donald A., 1983. *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*. New York: Basic Books. ISBN 978-0-465-06874-6.
- SCHÖN, Donald A. et WIGGINS, Glenn, 1992. Kinds of seeing and their functions in designing. *Design Studies*. Vol. 13, n° 2, pp. 135-156. DOI 10.1016/0142-694X(92)90268-F.
- SIMON, Herbert A., 1947. *Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organization*. New York: Macmillan.
- SIMON, Herbert A., 1957. *Models of man: social and rational; mathematical essays on rational human behavior in society setting*. New York: Wiley.
- SIMON, Herbert A., 1969. *The Sciences of the Artificial*. Cambridge: MIT Press. ISBN 978-0-262-19374-0.
- TAYLOR, Paul, 2011. Inductive design and the 'primary generator'. *designerlythinking* [en ligne]. [Consulté le 24 février 2025]. Disponible à l'adresse : <https://designerlythinking.wordpress.com/2011/04/10/inductive-design-and-the-primary-generator/>.
- VISSER, Willemien, 2006. *The Cognitive Artifacts of Designing*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates. ISBN 978-0-8058-5511-1.
- WILLOUGHBY, William T., 1999. On parti: An evaluation of the failed notion of design beginnings. In : *Association of Collegiate Schools of Architecture (ACSA)*.
- YANG, Ding, DI STEFANO, Danilo, TURRIN, Michela, SARIYILDIZ, Sevil et SUN, Yimin, 2020. Dynamic and interactive reformulation of multi-objective optimization problems for conceptual architectural design exploration. *Automation in Construction*. Vol. 118, pp. 103251. DOI 10.1016/j.autcon.2020.103251.
- YILDIRIM, Erdem, 2022. Text-to-image generation AI in architecture. In : KOZLU, Hale (éd.), *Art and Architecture: Theory, Practice and Experience*. Lyon : Livre de Lyon. pp. 97-119.
- YÜKSEK, Gizem, 2023. *L'intelligence artificielle « text-to-image » comme outils de support à l'idéation en conception architecturale*. Mémoire de fin d'études. Liège : Université de Liège.
- YÜKSEK, Gizem et BOISSIEU, Aurélie de, 2025. Architectural ideation instrumented by GAI. In : SAFIN, Stéphane (éd.), *Cognitive Activities in Architectural Design*. London : ISTE Editions Ltd. pp. 233-264.