



HAL
open science

Quand l'IA rencontre l'architecture

Lucie Addé, Serge Faraut, Jean-Pierre Goulette, Sandra Marques, Andrea Urlberger

► **To cite this version:**

Lucie Addé, Serge Faraut, Jean-Pierre Goulette, Sandra Marques, Andrea Urlberger. Quand l'IA rencontre l'architecture. AFIA - Bulletin de l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle, 2024, IA & Création artistique, 125, pp.14-25. <hal-05009931>

HAL Id: hal-05009931

<https://hal.science/hal-05009931v1>

Submitted on 28 Mar 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization



AfIA

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Bulletin N° 125

Association française pour l'Intelligence Artificielle

AFIA



Afia
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Dossier

« IA & Création artistique »

Dossier réalisé par

Samuel BIANCHINI
ENSAD
Université XXX
samuel.bianchini@ensad.fr



■ Quand l'IA rencontre l'architecture

LRA
École Nationale Supérieure d'Architecture
de Toulouse
<https://lra.toulouse.archi.fr/lra>

Lucie ADDÉ

lucie.adde@toulouse.archi.fr

Serge FARAUT

serge.faraut@toulouse.archi.fr

Jean-Pierre GOULETTE

jean-pierre.goulette@toulouse.archi.fr

Sandra MARQUES

sandra.marques@toulouse.archi.fr

Andrea URLBERGER

andrea.urlberger@toulouse.archi.fr

Introduction

L'unité interdisciplinaire [Laboratoire de Recherche en Architecture](#) (LRA) regroupe les activités scientifiques de l'[École Nationale Supérieure d'Architecture](#) (ENSA) de Toulouse, et entretient des relations étroites avec l'offre pédagogique des séminaires de master de 4^{ème} année (Master 1). Labélisée unité de recherche par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, le LRA est équipé d'accueil de 2 écoles doctorales de l'Université de Toulouse, et s'attache à questionner les processus de projet architectural, urbain et paysager, notamment leurs modalités cognitives et méthodologiques où président les recours à des références, des modèles, des techniques, des enseignements heuristiques. Les auteurs de cet article, membres du LRA, partent de trois constats.

Premier constat. Historiquement l'architecte a toujours utilisé des outils pour instrumenter ses activités. Néanmoins, depuis le milieu des années soixante-dix le débat théorique et critique qui traverse le monde de l'architecture a fait une place importante au rôle qu'y jouent les technologies numériques. Les po-

sitions à cet égard sont multiples et parfois opposées : les uns voient dans le numérique une ouverture en matière de représentation, de conception, de constructibilité et de phénoménologie ; tandis que les autres voient le renforcement d'une dépendance à la technologie, un appauvrissement du langage architectural voire de la pensée y afférant. Les usages (potentiels ou effectifs) de l'intelligence artificielle (IA) dans la création architecturale n'échappent évidemment pas à ce débat [2, 9, 12].

Deuxième constat. Les activités de création dans le domaine de l'architecture sont un objet de connaissance complexe. L'activité de programmation et de conception, l'acte de construire, l'accompagnement de la vie du bâtiment, voire sa déconstruction ou réhabilitation sont autant de phases impliquant divers acteurs où les pratiques sont en perpétuelle évolution. Les pratiques collaboratives et la représentation du projet, présentes à toutes ces phases, peuvent être considérées dans leur aspect transversal. L'arrivée de méthodes et outils innovants fondés sur des technologies numériques dans le monde de l'architecture pose donc la question des usages et des utilisateurs : qui utilise quoi, quand et pour quoi faire ? Dans



Afia

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

la phase de conception, au delà des axes transversaux déjà mentionnés, des activités telles que l'analyse de site, de territoire, la captation de l'existant, la recherche de formes et d'inspiration ou les simulations et recherches d'optimisation diverses (énergétique par exemple) sont le creuset d'évolutions technologiques majeures.

Troisième constat. Toute technologie étant le fruit d'une expression de la volonté humaine, la médiation instrumentale numérique en architecture n'est pas neutre. Elle recouvre une acception large de champs très variés, allant de la sphère purement technique à des facteurs cognitifs, sociologiques, psychologiques (liste non exhaustive). En intégrant de plus en plus une sorte d'hybridation de langages (conceptuel et informatique), les architectes, en situation de conception individuelle ou collective, interpellent les codes paradigmatiques qui, depuis la Renaissance, permettent de concevoir, manipuler et de communiquer un objet architectural en projet ou existant [14]. En effet, cette hybridation de langages dévoile de nouvelles médiations épistémiques, pragmatiques, heuristiques, collaboratives entre l'image et le langage, entre le visible et l'intelligible [10]. Dans ce contexte, au-delà de « supports » pour les activités des architectes, la médiation instrumentale numérique participe à « informer » littéralement et métaphoriquement ces activités.

Notre article s'articule comme suit : la première partie est dédiée à la présentation d'une des premières recherches menées au LRA concernant l'IA symbolique, notamment la question du vocabulaire de l'architecture comme moyen d'accès à l'univers mental de l'architecte. Il s'agit là de remonter quelque peu dans l'histoire de l'IA et dans celle de nos recherches : la mise au point d'une sorte d'ontologie où les éléments de connaissance, disponibles textuellement, sont analysés et décorti-

qués afin de les inculquer à un logiciel capable d'en faire usage pour replacer l'utilisateur dans un contexte qui « comprend » son vocabulaire et ses modes de raisonnement (on est donc dans un approche cognitive qui cherche à préciser et formaliser la connaissance, une approche sensiblement différente de l'apprentissage automatique). La deuxième, porte sur une activité pédagogique menée à l'ENSA Toulouse avec un groupe d'étudiants en Master 1 sur les effets de l'IA générative sur l'architecture et ses images ; la troisième partie place la focale sur les potentiels et verrous de l'IA générative dans le domaine de l'architecture, et la place de plus en plus prépondérante que l'IA occupe dans le scénario scientifique et pédagogique en architecture.

Le vocabulaire de l'architecture comme moyen d'accès à l'univers mental de l'architecte

Nous présentons une recherche menée dans les années 90 en collaboration entre le Laboratoire d'Informatique Appliquée à l'Architecture (Li2a, à l'époque un des groupes de recherche de l'ENSA Toulouse dont la fusion a donné le LRA) et l'[Institut de Recherche en Informatique de Toulouse](#) (IRIT), concernant l'IA symbolique. (Nous reprenons ici partiellement un article co-écrit avec Mario BORILLO [6].) Dans l'immense champ d'investigation concernant l'intrusion du numérique dans la conception architecturale, le fil conducteur que nous avons suivi pour pénétrer dans l'univers mental du créateur est celui du langage. Une telle formalisation (en logique du premier ordre) de la signification des termes du langage ouvre la perspective d'une représentation de certains des processus cognitifs mis en œuvre dans la conception. Même si cette représentation abstraite est dotée des propriétés qui la rendent apte au calcul logique, il est important de noter que notre objectif n'est pas de mécaniser



la conception architecturale. Il s'agit plutôt de proposer une première analyse de certains de ses aspects significatifs, saisis en termes de représentations mentales associées au langage. À cet égard, la simulation sur une machine relève plutôt d'une mise à l'épreuve « expérimentale » d'un modèle théorique de tels phénomènes mentaux.

Il s'agissait d'étudier, sur un exemple précis, celui de la baie, la nature du processus de composition exprimé dans la langue et d'examiner si cette dernière peut se voir ainsi confirmée dans son rôle de moyen d'accès à certains processus cognitifs mis en œuvre par l'architecte.

Les principes de composition architecturale s'appuient sur un ensemble de notions particulières qui sont reflétées par le vocabulaire terminologique des éléments d'architecture [8]. Parmi ces notions, on trouve principalement :

- Les relations partie-tout (dites *relations méronomiques*) : la composition a pour but de regrouper en un tout unitaire un ensemble d'éléments constitutifs ayant une identité propre. Les éléments constitutifs sont donc « parties » d'un tout « homogène », auquel peut être associé un nom dans le *Vocabulaire de l'architecture* [13], cet ensemble pouvant être lui-même « partie » d'une unité d'ordre supérieur.
- Les relations spatiales : les relations spatiales entre objets architecturaux (par exemple : Couronner, Être au nu, Diminuer, etc.), expriment une connaissance qui nécessite pour sa représentation formelle des structures topologiques et géométriques particulières, disons « qualitatives », dans la mesure où ces relations ont pour objet de faire seulement les distinctions nécessaires à l'expression d'un arrangement relatif des dimensions et des dispositions.
- Les « modèles » de composition : exprimés dans le langage de l'architecture, ces modèles mettent en œuvre des règles contrô-

lant le positionnement et le dimensionnement relatifs d'un ensemble d'éléments. Chaque ensemble de dispositions particulières est entendu comme la description d'un objet architectural dont le nom est attesté dans le Vocabulaire de l'architecture (par exemple : serlienne, baies jumelées, etc.).

À partir d'une analyse de ce Vocabulaire, nous avons tenté de représenter les relations spatiales et méronomiques, ainsi que les principes de composition qui se dégagent de l'analyse de ce vocabulaire spécifique. Une mise à l'épreuve de notre hypothèse repose sur l'examen de la baie. Il s'agit d'un élément à la fois composé et composant : il regroupe, selon différents schémas, des éléments constitutifs, et intervient de manière privilégiée dans la composition des façades. Nous nous référons désormais au Vocabulaire de l'architecture [13], en analysant les descriptions textuelles des objets architecturaux concernés.

Il s'agissait donc de « traduire » la définition langagière des éléments d'architecture concernés par notre étude dans les termes d'un langage formel susceptible d'exprimer leurs caractéristiques significatives au regard de leur rôle dans la composition. Par exemple, la définition logique d'une assise x d'une baie b pourrait se définir comme suit (x est un élément d'architecture, x^* son référent spatial, \wedge représente la conjonction logique) :

$$\begin{aligned} \text{Assise}(x, b) \stackrel{\text{déf}}{=} & \text{Elt-} \text{Archi}(x) \wedge \text{Baie}(b) \\ & \wedge \text{Limiter-par-le-bas}(x, b) \\ & \wedge \text{Rôle}(x, b, \text{Utilitaire}) \\ & \wedge \text{pf}(x^*) \end{aligned}$$

L'assise est un élément d'architecture qui limite par le bas une baie, qui à un rôle utilitaire et dont le référent spatial est une frontière. (Dans le langage, $\text{Assise}(x, b)$ est donc défini comme l'abréviation d'une formule constituée d'éléments définis de manière primitive dans le



langage ou définis eux-mêmes comme des abréviations d'autres formules.)

On peut représenter des contraintes entre éléments. Par exemple (\vee représente la disjonction inclusive logique, et \leftrightarrow l'équivalence logique) :

$$\forall x, b. (Assise(x, b) \leftrightarrow Sol(x, b) \vee Seuil(x, b) \vee Appui(x, b))$$

Les types d'assises sont le sol, le seuil et l'appui. La formule précédente stipule que si x est l'assise d'une baie b , alors x est le sol, un seuil ou un appui pour b , et inversement.

De même, on peut définir la notion de piédroit :

$$Piédroit(x, b) \stackrel{\text{déf}}{=} Vertical(x*) \wedge Limiter\text{-latéralement}(x, b) \wedge \forall c. (Couvrement(c, b) \rightarrow Porter(x, c))$$

Le piédroit a un référent spatial vertical, limite latéralement la baie et porte son couvrement (s'il existe).

Finalement, la formule :

$$\forall b. \left(\exists p. Piédroit(p, b) \rightarrow \exists p, q. (Piédroit(p, b) \wedge Piédroit(q, b) \wedge p \neq q \wedge Limiter\text{-par-la-gauche}(p, b) \wedge Limiter\text{-par-la-droite}(q, b)) \right)$$

rend compte du fait que les piédroits vont toujours par deux et limitent, respectivement, à droite et à gauche la baie. (Tous les prédicats utilisés sont bien évidemment définis par ailleurs.)

La constitution de cette base de connaissances nous a amenés à définir une topologie, une géométrie et une méronomie particulières pour l'espace cognitif de l'architecte. En effet, l'espace auquel renvoient et que décrivent ces relations est un espace de la perception et de l'expérience, un espace cognitif dont la structure repose en grande partie sur les aspects

fonctionnels et symboliques des objets décrits, et sur le point de vue de l'acteur. Cet espace apparaît à l'analyse comme étant doté de deux structures relationnelles majeures dont la prise en compte est indispensable pour exprimer ses propriétés caractéristiques : la délimitation et le positionnement relatif. Il accorde de plus une place prépondérante à deux notions intimement liées aux aspects fonctionnels et esthétiques de l'architecture : le vide entre les objets matériels, et la surface (la « frontière », en termes topologiques) des objets.

Ces caractéristiques ne s'accordent pas avec les principes de la topologie classique, qui, entre autres, n'accorde pas une place explicite à la frontière des objets. Nous sommes ainsi amenés à fonder notre topologie (qui de fait est une méréotopologie) sur deux relations de base indépendantes, la relation de partie (être une partie de volume d'un tout volumique) et la relation de frontière (être la frontière d'un objet). Sans entrer dans des détails « techniques », le système formel de descriptions que nous avons défini permet d'obtenir un ensemble complet de relations topologiques mutuellement exclusives entre référents spatiaux.

En ce qui concerne les structures géométriques adéquates (il s'agit là de géométrie projective), on peut dire que les notions de partie et de frontière sont ici associées à des mécanismes d'orientation et de disposition qui permettent de définir (qualitativement) la volumétrie des éléments et de leurs compositions. Intuitivement, il s'agit de représenter trois principes de définition de la limite d'un volume dans une direction donnée. Ces trois principes reposent sur des relations de : Partie géométrique, Délimitation géométrique, Frontière géométrique.

L'analyse du Vocabulaire de la baie nous a permis d'identifier quatre types de méronomies entre éléments d'architecture (Morceau/Tout, Membre/Collection, Sous-



collection/Collection, Composant/Assemblage). Ces relations sont définies sur la base d'une description formelle qui complète celles de la topologie et de la géométrie.

Les relations topologiques, géométriques et méronymiques (et leurs combinaisons au sein du langage ainsi défini) permettent de représenter des relations plus complexes entre éléments, ces relations étant « ancrées » dans le vocabulaire de l'architecture.

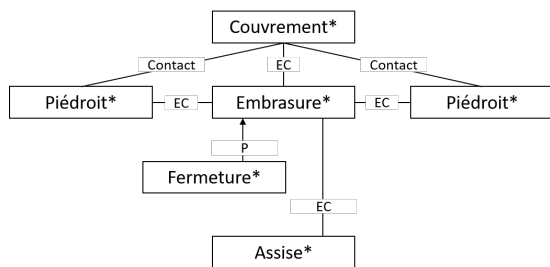


Figure 1 - Graphe des relations méréotopologiques entre référents spatiaux (dénotés par *) où P = « partie de », EC = « connecté extérieurement », Contact = « contiguïté sans partage de frontière ».

Toutefois, le terme « composition » est ambigu. Il peut désigner le processus par lequel sont associés et disposés dans l'espace les éléments constitutifs d'une structure plus complexe (l'action de composer). Mais ce terme peut aussi désigner le résultat de ce processus (l'élément d'architecture ainsi composé). Dans cette seconde acception, il existe de nombreuses définitions de la composition en architecture, mais toutes ces définitions s'accordent sur un point précis : ce qui est désigné par le terme nommant une composition doit présenter un aspect unitaire. Sa référence constitue elle-même un élément de l'univers architectural.

Sous certaines conditions, un groupement de baies peut être lui-même qualifié de baie dans le Vocabulaire, ou, si l'on préfère, une baie peut être composée de plusieurs baies. Cette

caractéristique assez récurrente a une incidence sur la dénomination et la description des éléments. En effet, comme on le voit dans les Figure 2 et 3, la description des constituants de la baie reflète, dans le langage, la diversité des niveaux d'interprétation qui peuvent être associés à un même objet architectural. Un constituant peut alors recevoir différentes dénominations selon le niveau d'interprétation adopté.

Cette possibilité de variation dans l'interprétation a pour conséquence que les mêmes objets architecturaux peuvent être classés, selon le niveau d'interprétation adopté, dans différentes catégories terminologiques de l'architecture. Dans le cadre de la baie, ceci nous conduit à définir deux niveaux distincts pour l'interprétation des termes servant à désigner les éléments d'architecture : le niveau Neutre et le niveau Composition, le passage du premier au second étant caractéristique (révélateur) du processus cognitif que l'on cherche à décrire.

Il serait hors de propos de décrire ici les procédures formelles relatives au traitement de compositions de baies à partir de la sémantique des éléments qui les constituent. Pour en donner une idée, nous illustrons très brièvement le type de calculs de composition qui sont effectués sur les représentations formelles des entités architecturales et qui permettent le passage, dans notre exemple, des « Baies jumelées » (Figure 2) à la « Baie composée » (Figure 3).

1. Les « Baies jumelées » sont constituées de baies simples partageant un de leurs piédroits. En conséquence le graphe de la Figure 2 est constitué de l'articulation de deux graphes isomorphes à celui de la Figure 1 par partage du référent spatial d'un piédroit.
2. Pour interpréter les "Baies jumelées" en tant que « Baie composée », il faut « projeter » le graphe de la Figure 2 sur le graphe de la Figure 1. Bien entendu, ce que nous évoquons ici sous forme graphique et vi-

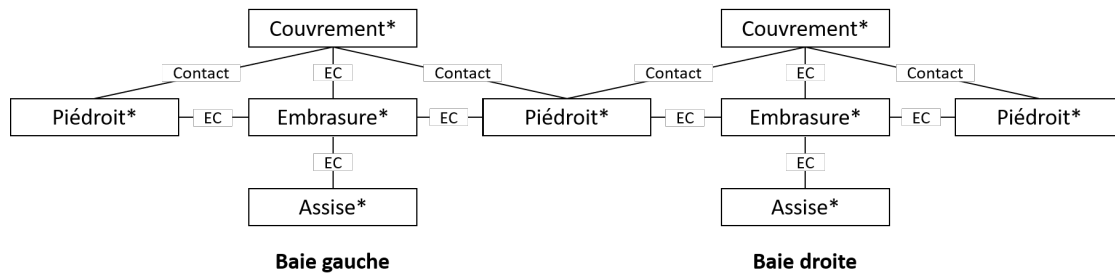


Figure 2 – Graphe méreotopologique de « Baies jumelées »

suelle est obtenu dans notre expérience par des opérations logico-mathématiques opérant sur la définition formelle des différents éléments.

3. Cette « projection » d'un graphe sur l'autre a pour résultat le graphe de la Figure 3. Ce dernier graphe est isomorphe à celui de la Figure 1 puisque la Figure 3 représente une « Baie composée », résultat de la composition des « Baies jumelées ».
4. Nous illustrons les opérations constitutives de cette « projection » par le calcul du référent spatial de l'embrasure de la « Baie composée » : le référent spatial de cette embrasure est défini en termes méreotopologiques par la réunion des référents spatiaux des embrasures et du piédroit commun des « Baies jumelées ». On notera que dans cette interprétation, le référent spatial du piédroit commun des « Baies jumelées » est inclus dans l'embrasure de la « Baie composée ». Il n'est donc plus, pour cette dernière, le référent spatial d'un piédroit, mais celui d'un élément de fermeture : un pilier (cf. Vocabulaire de l'architecture : « Pilier portant la retombée des arcs de deux baies jumelées... »).

Le développement des sciences de la cognition permet d'entrevoir comment elles pourraient fonder un vaste programme de recherches, une série d'interrogations nouvelles aussi bien sur la nature de l'œuvre d'art, sa di-

mension esthétique, les modalités de son fonctionnement symbolique, que sur la nature des processus de création par lesquels elle s'élabore.

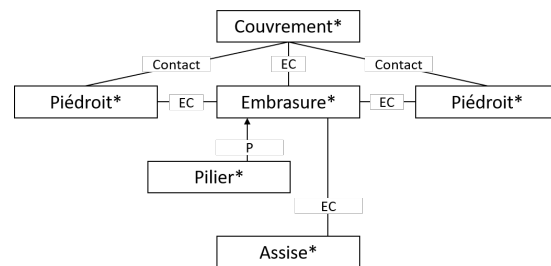


Figure 3 – Graphe méreotopologique de « Baie composée » (interprétation au niveau « Composition » des baies jumelées).

S'attacher à décrire les activités sensorielles, cérébrales et mentales par lesquelles les différents acteurs réalisent les processus évoqués plus haut, chaque phase prise séparément, mais aussi dans son articulation au sein du cycle d'accomplissement de l'œuvre, tableau, poésie, pièce musicale, performance chorégraphique, etc. de l'intention de son auteur ou de ses auteurs à l'émotion de ses destinataires, tel pourrait s'énoncer le programme, quelque peu utopique, d'une approche cognitive de l'art contemporain [5].

IA générative, images, architecture

Depuis 2023 de nombreuses publications autour de l'IA et l'architecture commencent



à voir le jour. Elles interrogent très fréquemment la notion de créativité, notamment leur capacité ou non à remplacer la conception humaine [11, 15]. Si certains étudiants en architecture peuvent se servir de l'IA générative, comme ChatGPT, notamment pour rédiger des textes, leur usage au sein d'ateliers de conception architecturale (ateliers de projet) reste pour le moment exceptionnel. L'IA capable de produire des conceptions spatiales et des images réalistes, applicables à l'architecture, restent rares au sein des ENSA, même si leurs applications lors de processus de conception dans quelques agences commencent à voir le jour (voir ci-dessous). Afin d'expérimenter l'IA générative autour de l'image, la gestion des données ainsi que ses possibilités de faire émerger de nouvelles représentations au sein même de la formation en architecture, les auteurs de cet article ont organisé une journée spécifique à l'ENSA Toulouse avec un groupe d'étudiants en Master 1. Spécifiquement relié à la question des images, de l'art et de la représentation, un artiste, Gaëtan ROBILLARD, auteur d'une thèse sur la thématique « Des algorithmes à l'œuvre – Naissance du Computer Art et environnements génératifs » [16] dirige les discussions et les expérimentations des étudiants. Une partie de la journée est réservée aux échanges autour de divers textes sur la créativité et la conception en art, en design et en architecture. Des questions sur la standardisation, la créativité, l'originalité, mais aussi l'impact environnemental émergent et interrogent les étudiants. Une autre partie est consacrée à des tests avec les applications basées sur le *prompting* comme Dall-E ou Stable Diffusion. Au-delà d'une génération d'images liées à l'architecture, aucune indication spécifique n'a été donnée. Les étudiants pouvaient agir librement.

Au regard des résultats des expérimentations des étudiants (voir Figure 4 à Figure 6), on constate une approche davantage ludique

et imaginaire que fonctionnelle, réaliste, voire rationnelle.



Figure 4 - Image ludique.



Figure 5 - Image collage.



Figure 6 - Image imaginaire.



Sans être spécifiquement encouragés dans ce sens, les étudiants en Master ont exploré spontanément les possibilités aléatoires, cherchant volontairement par les commandes, c'est-à-dire les prompts des applications IA génératives, le burlesque ou bien l'absurde.

Dans la très grande majorité des cas, leurs essais ne visent alors ni des prédictions architecturales crédibles, ni une conception utile à un projet architectural ni une augmentation de leur efficacité, mais plutôt une recherche volontaire de combinaisons aléatoires à partir de sources stockées dans des banques de données. On constate alors des résultats que l'on pourrait situer dans la filiation des pratiques de photomontages et collages artistiques des avant-gardes artistiques du début du 20^e siècle comme les dadaïstes ou bien des surréalistes [7], accompagnés d'une volonté de saisir les représentations collectives autour de ces commandes paradoxales. Quelle image émerge autour de certains mélanges comme une construction de Zaha HADID dans le style de Frank GEHRY en se basant sur les algorithmes américains et chinois ?

Il s'agit de reproductions à partir de ce qui existe déjà, nouvellement combiné, et l'IA est alors utilisée comme une sorte de photocopieur « global », déjà présenté par Lev MANOVICH, qui remplace la sélection manuelle et la gestuelle de la découpe par des algorithmes [1]. Tous attendent des surprises, des étonnements et des rires, mais on sait aussi que tout est à la fois hasardeux et orienté. Comment interpréter ces prompts autour de l'absurde ? Permettent-ils de sortir de la standardisation ? Est-ce un simple jeu ou plus sérieusement une expression de la possibilité offerte par l'IA dans une perspective de projet architectural ?

Si elles transcrivent certainement des hésitations autour de l'utilisation, du rôle, voire même du but de l'IA en architecture, on pourrait également y détecter sa critique. L'archi-

ture, même lors de son apprentissage, se contente souvent de représentations fonctionnelles, en apparence réalistes et potentiellement réalisables. Cette brève expérimentation montre alors que l'IA, loin d'être un instrument purement technique, introduisant un renforcement des normes, peut aussi agir par son détournement, revendiquant ainsi sa capacité à introduire un certain souffle dans des représentations somme toute très normées.

IA générative pour l'architecte : potentiels, verrous et perspectives

Dans le cadre de la création ou de la conception en architecture, l'usage de l'intelligence artificielle, et en particulier l'IA générative, peut se concrétiser par l'utilisation d'un ensemble très divers de techniques mises à disposition comme outils dans la pratique professionnelle de l'architecte. Ce dernier peut en exploiter les potentiels, pour répondre directement ou indirectement à certains besoins identifiables, mais aussi se heurter à des limitations spécifiques.

Cela est notamment le cas dans la génération de représentations architecturales par des techniques d'images génératives utilisant des modèles dédiés pour la génération d'images conceptuelles, de représentations photographiques réalistes, ou la génération d'images améliorées (restauration, débruitage, upscaling, etc.), d'images restylées (Style Transfert, etc.) ou re-contextualisées (Inpainting, Outpainting, ControlNet, etc.)

Cet usage, en particulier durant la période exploratoire en « phase amont » de conception du projet architectural, permet l'exploration de nouvelles formes ou de mises en relation de concepts différents, de grandes variétés de styles graphiques, de prototypage rapides, de génération automatique de variantes autour d'une proposition, de visualisations quasi-instantanée, etc., potentiellement également



Afia

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

utiles en « phase aval » du projet pour la génération de rendus, les illustrations de mises en situation ou les supports de communication du projet final. Ces techniques reposant sur l'utilisation d'un langage « naturel » (ou de prompts) permettent de formuler des intentions sur le contenu des images générées *a priori* de manière plus intuitive et accessible que des outils ou logiciels plus complexes (fondés généralement sur la 3D) et laissant le soin à l'architecte de se concentrer sur son expertise principale — la conception.

Un autre domaine potentiellement couvert par l'IA générative est celui de l'analyse ou la génération de données sur le projet architectural ou sur son contexte. Ces analyses, souvent textuelles, peuvent se fonder sur les interprétations, les analyses ou les synthèses permises par l'usage de Grands Modèles de Langage (LLM), en exploitant des descriptions en langage naturel du contexte, des contraintes, ou le programme d'un projet, en intégrant potentiellement des connaissances générales ou expertes du domaine architectural.

Ces LLMs partagent généralement le même principe d'usage d'une architecture de transformateur et des techniques de pré-entraînement spécifiques et de prompts (comme celle utilisées pour ChatGPT d'OpenAI, LLAMA de Meta, Gemini de Google, Mixtral de Mistral, etc.).

D'autres approches peuvent être utilisées, fondées notamment sur des hybridations entre analyses et synthèses de données ou sur la « multimodalité » (en particulier entre texte et image mais désormais aussi avec le son ou encore la vidéo).

Cela peut être exploité dans une mise en relation (éventuellement en bouclage) entre génération d'images à partir de contenus textuels (Text-To-Image AI), usage des LLM, et analyse de contenu d'images vers une description textuelle (Image-To-Text AI) (comme GPT4-

V, LLAVA, etc.).

Ou bien encore dans un contexte de modélisation paramétrique pour l'assistance ou l'automatisation du développement de fonctions / scripts / programmes en code source de langages de programmation interprétables ou exécutables pour la réalisation automatique de tâches de modélisation ou la génération de propositions de solutions originales.

L'IA possède cependant certaines limites dans son utilisation dans le domaine de la production architecturale. Tout d'abord les limites concernant le manque de références dans les données produites, le risque de biais en raison de la non-représentativité des données d'apprentissage ou des effets du sur-apprentissage, ou la génération de données trop « génériques ». On peut aussi citer le faible contrôle sur les résultats produits, en particulier via l'usage d'outils ou de modèles « externalisé » du fait de la non reproductibilité intrinsèque des résultats à un instant donné (nature essentiellement aléatoire si pas de possibilité de paramétrage complet), ou les nombreux constats d'évolutions négatives, inexplicables en qualité ou en performance, des modèles proposés aux utilisateurs en raison de modifications internes non visibles et/ou non communiquées.

On peut chercher à dépasser ces limites par l'intégration de corpus personnalisés :

- en complétant les données d'apprentissage de l'IA avec des images personnalisées, spécifiques d'un style ou d'un sujet particulier par l'utilisation du Fine Tuning du modèle complet, ou par l'utilisation de modèles complémentaires fondés sur le modèle global mais moins consommateurs de ressources (comme DreamBooth ou LoRA/Low-Rank Adaptation, etc.);
- en couplant l'IA générative textuelle des LLM à des bases de données/connaissances textuelles externes spécialisées pour des résultats plus personnalisés ou experts



Afia

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

et proposant des références (approche hybride symbolique/connexionniste, Multi-Agent LLMs, RAG-Retrieval Augmented Generation, etc.).

L'IA générative soulève également un certain nombre de questions éthiques ou déontologiques :

- Le respect de la propriété intellectuelle et du droit d'auteur sur les images et données d'entraînement utilisées par les algorithmes, même si les images produites sont indiquées comme « libres de droit ». L'usage de solutions Open Source/licences libres est envisageable même si cela peut introduire potentiellement des limites qualitatives sur les résultats produits par un respect plus strict des données d'apprentissages.
- Les questions de déontologie, spécifiquement dans le domaine d'activité des architectes, en cas d'erreur ou de mauvaise interprétation des images (ou propositions) générées, quand elles sont potentiellement publiées ou diffusées auprès du public ou des partenaires de projets (situation en référence par exemple à l'initiative originelle de la « Charte d'éthique de la 3D » pour création d'images virtuelles 3D [3]), ou dans la nécessité de pouvoir assurer les devoirs, obligations et garanties du « Code de déontologie des architectes ». La faiblesse en termes d'explicitation des résultats produits par les modèles génératifs actuels pose problème pour des tâches considérées comme critiques.
- La question de l'impact environnemental de l'usage de l'IA (respect des nouvelles réglementations environnementales ou des objectifs de soutenabilité de la transition écologique et de la transition numérique).
- La mise en conformité par rapport aux réglementations sur l'IA (nationale, européenne ou internationale).

Il existe également d'autres limites sur le

plan de l'opérationnalité concernant :

- la dépendance aux outils de l'IA (et leurs contraintes) peut être un frein dans le cadre des pratiques actuelles des architectes ;
- la dépendance aux plateformes proposant les services associés spécifiquement à l'IA, ou simplement au stockage nécessaire, ne permet pas la souveraineté et la confidentialité des données utilisées ou produites ;
- le coût additionnel induit pour l'usage de ces outils, et des infrastructures associées.

Pour conclure, nous constatons que la question de l'usage de l'IA en architecture, comme cela a pu l'être au moment de l'introduction du numérique dans les pratiques opérationnelles [4] est à un tournant décisif auquel la communauté architecturale est très attentive dans le domaine professionnel mais aussi scientifique. Cela est manifeste au vu des nombreux événements où ce sujet a été abordé ou le sera prochainement (colloques dans les laboratoires et les écoles d'architecture, conférence internationale AI & Automation in Architectural Research and Practice en octobre 2024, le Séminaire de Conception Architecturale Numérique, SCAN'24, en novembre 2024, le BIM World 2024, etc.).

Nous sommes conscients que l'adoption de l'IA par les architectes requiert une meilleure connaissance de ses usages, ainsi que la preuve de sa valeur ajoutée, et ceci à travers une approche scientifique rigoureuse. Nous militons pour une meilleure sensibilisation, et pour le développement d'une implication et d'une contribution active des acteurs de l'architecture, en vue d'un enrichissement réciproque entre connaissance architecturale et usage de l'IA.

Références

- [1] Max Bonhomme, Christian Joschke, and Laura Truxa. Introduction : une généalo-



AfIA

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

- gie des images composites. *Transbordeur photographie histoire société*, 7 « Images composites », 2023.
- [2] Stanislas Chaillou. *L'intelligence artificielle au service de l'architecture*. Éditions Le Moniteur, Paris, 2021.
- [3] Collectif. Charte d'éthique de la 3D. <https://www.3dok.org/index.php/page-d-exemple/>, 2010. Consulté le 19-07-2024.
- [4] Collectif. DNArchi : Design numérique architecture. <https://dnarchi.fr/?s=intelligence>, 2024. Consulté le 19-07-2024.
- [5] Mario Borillo et Jean-Pierre Goulette, éditeur. *Cognition et création. Explorations cognitives des processus de conception*. Mardaga, Liège, 2002.
- [6] Mario Borillo et Jean-Pierre Goulette. Lorsque dire c'est concevoir. *Revue d'Architecture*, 131 :15–23, 2003.
- [7] Anat Falbel, Frédéric Pousin, and Andrea Urlberger. Pratiques du photomontage. introduction. *Photomontage et représentation*, 18, 2023.
- [8] Jean-Pierre Goulette. *Représentation des connaissances spatiales pour la conception architecturale : contribution au raisonnement qualitatif*. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse, France, 1997.
- [9] Frank Jacobus and Brian M. Kelly, editors. *Artificial Intelligent Architecture : New Paradigms in Architectural Practice and Production*. ORO Editions, Los Angeles, 2023.
- [10] Victor Kaptelinin and Bonnie Nardi. *Acting with Technology : Activity Theory and Interaction Design*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2006.
- [11] Sophie Marthe. Fünf Minuten Vorsprung reichen Zum Stand der KI-Debatte in Architektur und Planung. Blog BauNetz, May 2024. Consulté le 19-07-2024.
- [12] Josep Muntañola, editor. *Artificial intelligence and architectural design : an introduction*, volume 33 of *ARQUITECTONICS, Mind, Land & Society*. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2022.
- [13] Jean-Marie Pérouse de Montclos. *Vocabulaire de l'architecture. Principes d'analyse scientifique; Architecture, méthode et vocabulaire*, volume 1 & 2. Imprimerie Nationale, Paris, 1re édition, 1972.
- [14] Antoine Picon. *Culture numérique et architecture : une introduction*. Editions Birkhäuser, Basel, Suisse, 2010.
- [15] Isabelle Regnier. L'intelligence artificielle s'infiltré chez les architectes. Journal en ligne Le Monde, December 2023. Consulté le 19-07-2024.
- [16] Gaëtan Robillard. *Des algorithmes à l'œuvre : Naissance du Computer Art et environnements génératifs*. Theses, Université Paris 8 Saint Denis, November 2022.

Lucie ADDÉ est chercheuse associée du LRA, Maîtresse de conférences à l'ENSA Toulouse en Sciences et Techniques de l'Architecture, Outils Mathématiques et Informatiques, architecte DE HMONP Enseignement et recherche autour des pratiques du numérique sur l'architecture et le territoire, du travail collaboratif, notamment sur l'usage de la maquette numérique et du BIM (*Building Information Modeling*).

Serge FARAUT est chercheur au LRA-ENSA Toulouse, Docteur en informatique Paris 6, ingénieur des Travaux Publics de l'État. Activités de recherche et de développement sur les outils numériques



Afia

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

d'acquisition et de traitement d'informations pour la modélisation et les représentations spatiales et perceptives appliquées à l'analyse et aux évaluations environnementales à l'échelle architecturale, urbaine et paysagère.

Jean-Pierre GOULETTE est chercheur au LRA, Professeur à l'ENSA Toulouse en Sciences et Techniques de l'Architecture, Outils Mathématiques et Informatiques, Docteur de l'Université Toulouse III (Intelligence artificielle). Ingénieur informatique CNAM, architecte DPLG. Ses recherches et son enseignement s'intéressent à la sémantique formelle du vocabulaire de l'architecture, la représentation numérique des artefacts bâtis (maquettes numériques) et de leurs environnements.

Sandra MARQUES est chercheuse au LRA, Maître de conférences à l'ENSA Toulouse, architecte. Recherches et activités d'enseignement portant sur les médiations numériques (épistémiques, heuristiques, collaboratives) dans la conception architecturale et urbaine, en relation avec la maquette numérique (BIM).

Andrea URLBERGER est chercheuse au LRA, Professeur à l'ENSA Toulouse en Arts et Techniques de la Représentation, Docteur en Esthétique sciences et technologies des images, HDR (Paris 8). Recherche et enseignement sur l'art contemporain, la mobilité, le numérique et son impact territorial, interrogeant les hybridations et les porosités complexes entre architecture, urbanisme et images, entre espace tangible et espace médiatique.