

L'IA dans la pédagogie en architecture, fondations, références, horizons.

Artificial Intelligence in Architecture Education: Foundations, References, Horizons.

LESCOP Laurent^{*1}, *MANGASARYAN Arpi*

¹ Nantes Université, ENSA Nantes, Ecole Centrale Nantes, CNRS, AAU-CRENAU, UMR 1563, F-44000 Nantes, France

Résumé. L'IA ouvre un vaste champ des possibles en architecture et par conséquent dans la formation des architectes. Les craintes et les attentes obligent à bien poser les fondamentaux de ce qui peut former une nouvelle pédagogie intégrant les IA. Cet article rappelle quelques repères, organise les grandes familles des IA pour les architectes et rend compte des premières expériences auprès des étudiants.

Mots clés. Intelligence Artificielle, histoire des techniques, pédagogie, méthodologie, prospective.

Abstract. AI opens up a vast field of possibilities in architecture and consequently in the training of architects. Fears and expectations require us to establish the fundamentals of what can constitute a new pedagogy integrating AI. This article recalls some key points, organizes the major families of AI for architects, and reports on the first experiences with students.

Keywords. Artificial intelligence, history of technics, pedagogy, methodology, prospective

1 Introduction

Le 30 novembre 2022 est devenue une date clé dans l'histoire de nos sociétés. Ce jour-là, la version publique de ChatGPT est rendue disponible à tout un chacun et en cinq jours un million d'utilisateurs est déjà enregistré. Pour mesurer cet engouement, souvenons-nous

* Corresponding author: laurent.lescop@nantes.archi.fr

qu'il a fallu trois ans et demi à Netflix pour atteindre le même niveau d'inscriptions, deux ans à Twitter, 5 mois à Spotify et deux mois et demi à Instagram. Le succès fulgurant de ChatGPT s'accompagne immédiatement de polémiques, principalement autour de la production écrite des étudiants et des élèves de secondaire, de la fiabilité des réponses et déjà de la disparition potentielle de certains métiers. En février 2023, soit trois mois plus tard, le cap des 100 millions d'utilisateurs est franchi. Une version payante annonce une mise à jour qui sera effectuée en mars 2023 tandis que des offres concurrentes sont annoncées. Les débats s'intensifient sur l'impact sociétal de ce super assistant dont les performances s'améliorent de jour en jour. Parallèlement, le monde de l'image se trouve lui aussi frappé de plein fouet par les sorties quasiment simultanées de Dall-E propulsé par OpenAI et de Midjourney conçu par David Holz cofondateur de Leap Motion. Encore confidentiel, Dall-E1 date du 5 janvier 2021, Dall-E2 prend une notoriété publique le 6 avril 2022 tandis que Midjourney V1 est disponible en février 2022. La V2 est disponible en avril et la V3 en juillet. Si les premières versions des applications Text2Image ont pu faire l'objet de railleries du fait des difformités physiques des personnages, très rapidement, la précision des images produites et la qualité des compositions ont mis en émoi le monde artistique.

Une des manifestations les plus spectaculaires de la confusion qui a pu régner à cette époque peut être illustrée par le petit court métrage de Fabio Comparelli (<https://www.instagram.com/fabdream.ai/?hl=fr>). Son petit film d'animation montre par jeu de morphing la transformation d'un primate en humain puis ses mutations à travers ce que l'on devine être l'histoire de l'humanité jusqu'à une forme trans-humaine. Fabriquées grâce à Midjourney, ce film de moins d'une minute a été compris comme la prédiction des IA de l'évolution de l'humanité, ou pour le dire encore plus directement, comment l'IA prédit notre propre évolution. Le film a fait un buzz mondial couvrant les protestations de l'artiste qui ne faisait que revendiquer une œuvre d'imagination n'ayant aucun fondement scientifique ou politique.

Dans le propos qui va suivre, nous proposons un état des lieux des solutions existantes précédant leur introduction dans la pédagogie. La rapidité des développements en cours, les profonds changements que l'on peut imaginer nous placent dans une posture paradoxale de réaction rapide et de tempérance critique.

2 Art et mécanisation

Les débats qui ont accompagné l'émergence de l'Intelligence artificielle dans la société font échos à ceux qui ont accompagné les grandes mutations techniques. Rouvrir les ouvrages du siècle dernier ou celui d'avant nous permet aussi de mesurer des similitudes et permanences dans ce qui peut être perçu comme une menace pour une profession, l'idée que l'on se fait d'un art ou d'une technique, ou sur les enjeux éthiques d'une transformation sociétale. A propos de la photographie par exemple, John Ruskin écrivait en 1843 dans les *Seven Lamps of Architecture* que "*Photography is a mechanical instrument which is capable of producing images of great precision and detail, but it is incapable of reproducing the spirit of nature.*" Nous pouvons substituer *photography* par *text2image* et avoir l'impression que ces lignes ont été écrites aujourd'hui. De la même façon, William Morris écrivait en 1888 dans *Art and Socialism*, "*Photography is a wonderful invention, but it is not a form of art. It is simply a tool that can be used by artists.*" Nous pouvons là encore jouer à ce jeu d'escamotage pour en faire une citation contemporaine. Jouons encore avec Oscar Wilde qui écrivait dans son roman *The Picture of Dorian Gray* en 1891, "*Photography is an art form that has the potential to be very beautiful, but it is often used in a banal way.*" Cela marche encore. Les français ne sont pas en reste, Eugène Delacroix,

peintre romantique français, a écrit en 1839[†] : "*La photographie est une invention qui va bouleverser l'art. Elle fera disparaître la peinture, car elle peut reproduire la nature avec une fidélité parfaite.*" Honoré Daumier, peintre satirique français, a déclaré lui en 1840[‡] : "*La photographie est une machine qui tuera l'art. Elle rend inutile le travail de l'artiste.*" Ne dit-on pas la même chose aujourd'hui de Midjourney et Dall-E ? Gustave Courbet, peintre réaliste français, a affirmé en 1855 (Gustave Courbet a fait cette affirmation dans un entretien avec le journaliste Jules Castagnary, publié dans le journal *Le Temps* du 1er mars 1855) : "*La photographie est une invention qui n'a rien à voir avec l'art. Elle est simplement une technique permettant de reproduire la réalité.*"

Il est toujours passionnant et instructif de repérer les prémices de nos IA, l'idée étant d'identifier, comme cela a été le cas avec la photographie, des permanences ou des ruptures dans les concepts ou les commentaires. Si la Pascaline est restée confidentielle du fait de son prix élevé, il est plus évident de trouver dans le métier Jacquard, le vrai parallèle avec nos ordinateurs actuels. Comme ces derniers, les métiers Jacquard fonctionne avec des instructions programmées sur des cartes perforées comme cela a été le cas avec les premiers ordinateurs et comme ces derniers, la diffusion des machines permet de changer la condition humaine en mécanisant une tâche pénible : « *Grâce à cette invention admirable de Vaucanson et Jacquard, le tisseur de soie put dominer sa machine, au lieu d'être asservi par elle. A partir de ce moment, l'emploi de tireur fut supprimé dans tous les ateliers, et les enfants furent soustraits à un travail meurtrier* » nous relate Louis Figuier en 1865, soit avec un demi-siècle de recul, dans *Les Grandes Inventions Anciennes Et Modernes, Dans Les Sciences, L'industrie Et Les Arts*. On trouvera dans la littérature, précisément dans le *Troisième Voyage de Gulliver*, de Jonathan Swift, la description d'une étrange machine, c'est d'ailleurs son nom, qui grâce à une mécanique complexe, est capable de composer des textes et de la poésie automatiquement...c'est presque ChatGPT avant l'heure. La description figure au chapitre V mais curieusement les versions françaises éludent ce passage, du moins dans celles (nombreuses) consultées : « *It was twenty feet square, placed in the middle of the room. The superficies was composed of several bits of wood, about the bigness of a die, but some larger than others. They were all linked together by slender wires. These bits of wood were covered, on every square, with paper pasted on them; and on these papers were written all the words of their language, in their several moods, tenses, and declensions; but without any order.* » Plus près de nous, Italo Calvino évoquait également des textes basés sur des combinatoires afin de rompre le principe narratif classique. Dans le monde informatique, c'est bien entendu John McCarthy qui représente notre première balise. Il a inventé le terme Intelligence Artificielle en 1955, la Conférence de Dartmouth en 1956 installera les principes et les objectifs (Leach 2022).

Si l'on se rapproche de l'architecture, nous allons pouvoir déterminer des catégories qui vont nous aider à spécifier notre recherche. Dans un premier groupe, nous avons la modélisation standard, type Autocad de base, dans laquelle il n'y a pas de lien entre la forme et la fonction. Un trait reste un trait. Dans le deuxième groupe nous avons les logiciels paramétriques dans lesquels les objets font références à des objets du réel (escalier <-> escalier) et que l'on peut déformer selon des critères prédéterminés. Viennent ensuite les logiciels algorithmiques type Grasshopper, qui développent un chemin de constitution

[†] Eugène Delacroix a écrit ces lignes dans une lettre à son ami le peintre Théophile Gautier, datée du 19 janvier 1839. Cette lettre est publiée dans l'ouvrage *Correspondance générale* de Eugène Delacroix, éditée par André Joubin et publiée en 10 volumes par les éditions Plon entre 1935 et 1938

[‡] Honoré Daumier a prononcé cette déclaration dans un entretien avec le journaliste Théophile Gautier, publié dans le journal *La Presse* du 27 novembre 1840

d'une forme dont chaque étape peut être paramétrable. Dans le quatrième groupe, se trouvent les fonctions permettant une approche générative, c'est-à-dire produisant un grand nombre de solutions selon des critères que l'on détermine. Enfin, nous voyons se constituer le groupe contenant les applications utilisant l'Intelligence artificielle affectée à des tâches assez variées tel qu'il sera constaté par la suite.

On ne peut laisser cette évocation des références sans faire mention de recherches qui ont impliquées le monde informatique et l'architecture. Parmi celles-ci, nous pouvons distinguer pour son côté avant-gardiste, la modélisation déclarative proposée au début des années 80 par Michel Lucas. Ce dernier cherchait, par une voie sémantique, à ouvrir d'autres chemins de conception. Dans leur propos introductif, Desmontils et Pacholczyk (1995) opposent la modélisation impérative, qui est celle réalisée par les modeleurs classiques et qui consiste à faire une description topologique/géométrique de tous les objets de la scène à la modélisation déclarative qui propose de partir d'une description de la scène, le système se chargeant ensuite de convoquer les éléments constituant cette scène. Plusieurs propositions peuvent être suggérées, charge à l'utilisateur de faire son choix. Au laboratoire CERMA (ancien nom du CRENAU, AAU UMR CNRS 1563), quelques thèses ont été soutenues mettant en œuvre le concept : nous pouvons ainsi penser à celle de Daniel Siret relative à l'ensoleillement (Siret 1998), celle de Marie-Laure Nivet portant sur la visibilité ou celle de Didier Faucher sur le règlement urbain (Nivet, Faucher, Diret 2000). Ces travaux datés de l'aube des années 2000, retrouvent dans leur intentionnalité une vigueur nouvelle depuis l'avènement de Grasshopper, la mise en place du raisonnement algorithmique étant largement simplifié tout autant que la production générative de résultats. Finalement, la modélisation déclarative nous a ouvert à une modélisation passant par la sémantique et à l'idée de produire un grand nombre de solutions parmi lesquelles il faudra choisir.

3 Les deux familles d'IA pour l'architecture.

Dans le paysage qui s'offre aujourd'hui à nos yeux, deux grandes familles peuvent être identifiées pour des approches complémentaires mais différentes. La première concernerait l'aide à la conception et au rendu dans laquelle se trouvent les applications d'imagerie et dans l'autre l'aide à l'optimisation dans laquelle se trouverait les applications liées au calcul climatique par exemple ou à l'automatisation des plans. Cette catégorisation proposée ici distingue ce qui relèverait de l'esthétique et du sensible tandis que l'autre serait dans le mesurable et le quantifiable. Cette distinction ne tiendra que très peu de temps et nous pouvons nous attendre à une forme de fusion des deux familles dans les mois qui viennent. Comme tout ce que nous écrivons sur le sujet, la durée avant péremption est particulièrement courte. Il est à noter que, les prospections que nous menons auprès des agences montrent que ce sont bien souvent les BIM-managers ou les spécialistes de Grasshopper qui induisent la transition vers l'IA. Une prochaine recension sera à mener sur le sujet.

3.1 L'aide à la visualisation

La visualisation rapide d'hypothèses, la production aisée d'images induit des transformations des pratiques dans la conception d'un côté et dans les tâches de rendus de l'autre. Dans le cadre d'un enseignement, le choix des plateformes est un véritable enjeu. Midjourney, la vedette quasi incontestée de la sélection, fonctionne avec un système d'abonnement qui peut devenir assez onéreux. Toutefois, c'est l'option que nous avons adopté. Une mutualisation des moyens permet en effet d'avoir pour une trentaine de dollars

par mois (en novembre 2023) un accès illimité à la plateforme. Le concurrent Dall-E est maintenant accessible gratuitement via un enregistrement sur le moteur de recherche de Microsoft Bing. Les fonctions sont plus limitées, il n'y a pas de prompt négatif, ni de choix de format, pas de fonction de Inpainting, ou de variation d'un résultat, mais les résultats sont très honorables et souvent particulièrement créatifs. Pour débiter et pour activer la découverte, un nombre important de sites proposent des intégrations. LeonardoAI (<https://leonardo.ai/>) est le premier d'entre eux. Il offre de nombreuses options dont le format des images, les modes de création et surtout rend visible les prompts des autres utilisateurs du site. Ce faisant, il est intéressant de s'inspirer de l'organisation de sa description pour obtenir des résultats proches de ce que l'on souhaite ou imagine. Leonardo offre 150 crédit pas jour, ce qui limite les explorations, sans jamais assécher les ressources. Il en va de même pour CivitAI (civitai.com) et pour DreamStudio (beta.dreamstudio.ai) et d'autres encore dont la liste ne cesse de s'allonger. Garden of Eden (app.eden.art) ouvre à de nombreuses fonctions, /creation, /remix, /blend, /upscale, /controlnet, autrement des fonctions de création, d'animation, de mélange de concepts, d'augmentation de la résolution. Hélas, une fois le crédit épuisé, il faut payer pour continuer. Pour comparer les différents modes de rendus et se bâtir une expertise, les plateformes de Replicate (replicate.com) comme celles de Huggingface (huggingface.co) proposent de nombreux outils à évaluer pour produire de l'image, de la vidéo, du son, du texte et plus encore. Pour l'immersion, et la réalisation d'images équirectangulaires, la plateforme Skybox de Blokadelabs (skybox.blockadelabs.com) produit des rendus qui peuvent être ensuite utilisées en réalité virtuelle. Plus encore, il est possible d'obtenir la carte des profondeurs et donc de créer une image pseudo 3D qui fait sensation avec un casque VR. Cette fonction existe également sur Midjourney et Stable Diffusion.

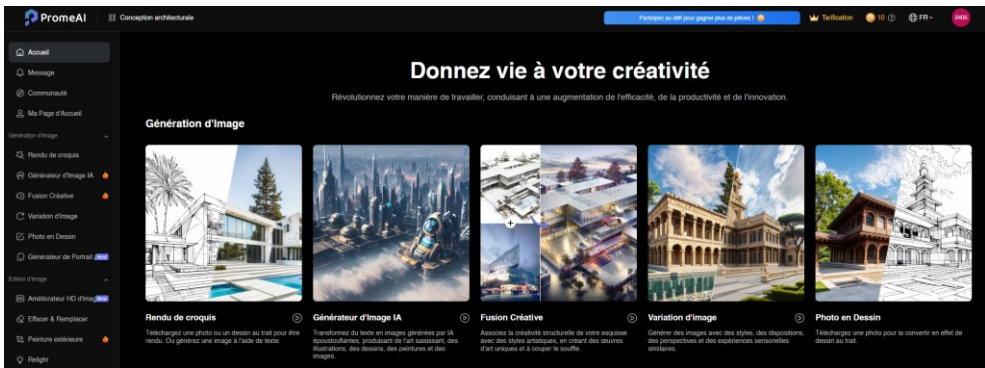


Fig. 1. L'interface de Prome AI (promeai.pro).

Bien entendu, dans le domaine de l'architecture, c'est la troisième dimension qui est attendue. Les 2Dto3D ou les textto3D commencent à montrer des résultats encourageants. (Lin&al. 2023). Des plateformes comme app.meshy.ai, app.alpha3d.io, csm.ai et surtout LumaLabs autorisent des expérimentations en ligne. Plus spectaculaires sont les intégrations qui permettent, à partir d'une base 3D même rudimentaire, de créer un rendu complexe. Les grands logiciels des architectes comme Revit, Blender, Sketchup par exemple intègrent maintenant ce type de plugins (greffons). Il est désormais assez classique de trouver des solutions pour un enrichissement de la forme de base pour un rendu de nature hyper réaliste. C'est ce que propose Prome Ai (Fig.1) (promeai.pro) avec une grande palette d'enrichissement des esquisses de base. L'application en ligne LookX (www.lookx.ai) propose aussi ce service, elle fait l'objet d'une belle promotion par le Tim Fu (timfu.com/home), l'architecte londonien en vue pour ce qui concerne la création architecturale avec Intelligence Artificielle. Les solutions vont évoluer, comme la version

2024 de Sketchup qui intègre le rendu IA sous le label Sketchup Diffusion. La souplesse de la plateforme Stable Diffusion invite à créer des interfaces

L'architecte italien Luciano Ambrosini (ambrosinus.altervista.org/) développe une suite de composant pour Grasshopper ouvrant la logique de conception paramétrique associé à une exploration visuelle et photoréalisme. Pour cela, il fait fonctionner Stable Diffusion en tâche de fond qu'il nourrit des volumes obtenus dans Grasshopper. Il faut noter que ce n'est pas la 3D qui est traitée dans Stable Diffusion mais bien la visualisation 2D. Cette opération existe également pour Blender et dans bon nombre d'applications comme Archicad, Revit et bien d'autres, en utilisant Vera ou d'autres applications de façon plus ou moins visible.

Pour conclure cette partie, il est aussi important d'indiquer que des solutions hors ligne et gratuites peuvent être installées. Stable Diffusion (stability.ai/stable-image), est une IA open source possédant de nombreuses interfaces. WebUI, Automatic1111, ComfiUI, Pinokio et d'autres encore, facilitent la réalisation de tâches complexes comme le Image2Image, l'Inpainting, l'animation et d'autres encore, notamment via le modèle ControlNet. L'installation en local permet une configuration optimale des tâches que l'on souhaite opérer, de faire dialoguer des applications autres comme cela a été évoqué pour Grasshopper, et surtout d'avoir un usage gratuit de l'IA. Les ressources nombreuses accessibles via les adresses Github ou par Huggingface font bouillonner quantité d'outils pour la visualisation architecturale. Pour en tirer pleinement partie, il faut bien maîtriser le concept de Loras (Low-Rank Adaptation) qui peuvent s'apparenter à des styles qui pour un même prompt, donnent des résultats très différents. La contrepartie est de posséder une carte nVidia RTX de la série 3000 minimum, 4000 recommandé. Autrement dit, les besoins en ressources sont importants.

3.2 L'aide à la conception

Le second grand groupe comprend les applications liées à l'analyse et à la production d'hypothèses architecturales. C'est à la fois le groupe le plus différenciant et le plus déstabilisant pour l'avenir de l'architecture.

Le studio Finch avait attiré l'attention des professionnels en montrant sur son site (finch3d.com) une automatisation de plans d'architecture à partir d'une base Grasshopper. La proposition fait sensation car elle vient provoquer ce qui est identifié comme le cœur du métier des architectes et ce qui semblait le moins vulnérable du fait de la complexité à élaborer une proposition qui doit allier le pratique, l'esthétique et le statique pour paraphraser Vitruve (firmitas : solidité ou robustesse, utilitas : commodité ou utilité et venustas : beauté ou volupté). Depuis, les propositions fleurissent comme les sites Hypar.io, architectures.com ou arkdesign.ai. Revit propose maintenant PlanFinder (planfinder.xyz) qui est pratiquement une automatisation du dessin de plans tout comme l'application chinois XKool (xkool.ai). Du plan, les solutions passent à l'analyse climatique comme c'est le cas pour Giraffe.build. Début 2024, des versions beta sont proposées pour aller du texte vers le plan directement. C'est le cas de Maket (platform.maket.ai/) ou encore de Vitruvius (vitruvius.iconbuild.com). La formule n'est pas encore au point début 2024, mais elle pourrait rapidement évoluer. Le principe est de décrire de façon guidée ce que l'on souhaite obtenir comme bâtiment. Le système fait alors des propositions de plans, de vues intérieures et extérieures. La cohérence de l'ensemble est encore faible, les plans ne correspondent ni aux vues intérieures ni aux façades, mais la réponse à la description textuelle est assez pertinente.

Ce qui manque pour le moment à ces applications de création automatisée de plans est, ce qui constitue l'essence même de l'architecture, la mise en relation d'espaces, dont la

fonction, l'usage et la symbolique sont en parfaite cohérence. Dans son travail de doctorat, Stanislas Chaillou a utilisé les fonctions d'apprentissage profond (deep learning) pour entraîner des systèmes à « comprendre » les plans d'architecture et savoir distinguer les espaces les uns des autres (Chaillou 2021). Il met d'ailleurs ses connaissances en action dans une proposition visible sur le site www.rayon.design/. A ce jour, c'est la démonstration de la société Swapp (www.swapp.ai) qui est à la fois la plus spectaculaire et la plus inquiétante dans le sens où l'ensemble du processus de conception est quasiment automatisé. Après une exploration en conception générative des potentiels du site, la silhouette du bâtiment est esquissée et de là la réalisation des plans architecturaux et des pièces techniques est lancée.

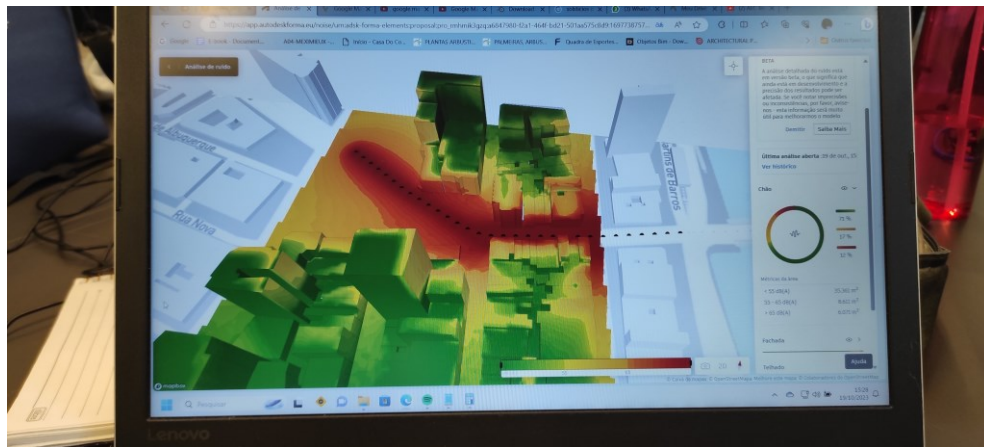


Fig. 2. L'interface de Forma (Autodesk).

Cette approche globale est celle qui est à la fois la plus stimulante et la plus impactante. La plateforme Spacio (spacio.ai) promet de traiter en silos, mais à partir de la même base, l'impact sonore, l'écoulement des eaux de pluies, le vent, les gisements énergétiques, l'ensoleillement mais également l'allocation spatiale pour les masses, les dispositions intérieures et les stationnements. C'est que promettait également le site SpaceMaker, qui listait dans son site (aujourd'hui disparu mais que l'on peut voir avec la WaybackMachine : <https://web.archive.org/web/20210602153016/http://www.spacemakerai.com/>). Chez Spacemaker, les architectes sont aux côtés des promoteurs, des investisseurs et des aménageurs pour simuler les développements urbains et pour en optimiser la rentabilité...dans le respect de l'environnement. Là encore, en silos, les analyses portent sur le site, la densité, le potentiel de logements à réaliser, les espaces communs extérieurs, l'impact environnemental, les vents, la course solaire, les apports lumineux, les impacts sonores, l'accès au ciel, les vues réciproques...Si SpacemakerAI a disparu ce n'est pas qu'il a effrayé les architectes, c'est qu'il a été racheté par Autodesk, qui l'a un peu simplifié et renommé Forma (Fig.2) (autodesk.fr/products/forma). Forma propose quasiment le même menu et de façon très intuitive et facile donne accès à des évaluations de bases des phénomènes climatiques et sonores, un retour sur les évaluations de densités de logements et sur la typologie des programmes.

La réflexion porte bien évidemment sur l'impact de ses nouvelles plateformes et outils pour le projet ce que cela peut changer pour la pratique. Nous pouvons et devons faire le pari que l'existence d'aide à la conception pouvant faciliter l'appréhension de phénomènes complexes comme les phénomènes climatiques et sonores ne peuvent que nous inciter à penser que cela permettra d'aller vers des projets plus respectueux de l'environnement. Ainsi, dès l'attribution du site, il est désormais possible, si la base initiale de données

existe, de calibrer un projet respectant au mieux les contraintes de densités attribuées au site et l'optimisation du projet pour ce qui concerne la lumière, la ventilation, le captage de l'énergie renouvelable et de meilleurs espaces de vie en prenant garde aux vues directes, aux circulations invasives etc. Ce qui se fait avec une certaine technicité avec Grasshopper peut se réaliser en quelques clics avec Forma.

4 Contexte d'enseignement et d'appropriation

Stanislas Chaillou le note très bien dans son ouvrage déjà évoqué *l'Intelligence Artificielle au service de l'Architecture*, que le rythme d'appropriation des technologies numériques se fait avec une importante latence. Entre le moment où une technologie, un logiciel est disponible et le moment où le monde de l'architecture commence à l'adopter, il peut se passer pratiquement une décennie. Le rapport McKinsey de 2017 (McKinsey 2017) place la construction avec l'index d'utilisation du numérique la plus faible de toutes les industries, pêche, agriculture et chasse compris. Cela peut s'expliquer par toute la partie chantier mais pas seulement. Le rapport indique que l'une des sept solutions pour améliorer la productivité dans la construction et d'infuser d'avantage les technologies numériques et d'améliorer la formation des personnes. Il est à noter que le rapport de 2017 n'évoque pas l'IA qui était encore à l'époque dans un cercle étroit d'initiés. Le rapport 2024 de l'Ordre des architectes Anglais (RIBA) donne également un aperçu des pratiques liées au numérique et des espoirs et des craintes liés aux technologies présentes et émergentes. 47% des agences disent attendre la maturité des technologies avant de les adopter, les résistants et pionniers se répartissant à presque égalité la part restante. Les connaissances de l'IA sont à 51% de base et 32% pratiques, elle n'est cependant à 59% jamais utilisée ou de façon occasionnelle à 20%.

4.1 La construction pédagogique

Dès la mise à disposition des applications de création TextToImage nous avons proposé une découverte très encadrée (Marin, Lescop 2013) qui consistant en un pas à pas parcourant les styles, les hybridations et finalement la visualisation du projet en cours d'après une description. Si à ces premières heures de la production d'images avec l'IA les résultats étaient encore relativement convaincants, ils ont permis de développer un discours sur le vocabulaire utilisé pour décrire le projet et la précision nécessaire pour accéder à une bonne compréhension. Pour le dire autrement, que cela ait été pour l'IA ou pour le projet, une description maladroite et imprécise ne permet pas de spécifier le projet, l'IA n'en étant que la manifestation et non la cause.

4.2.1 En studio de projet, l'esquisse avec IA

En 2023 la proposition a été d'utiliser l'IA pour les recherches liminaires pour le projet. Un abonnement illimité à Midjourney a été partagé permettant à l'ensemble du groupe de projet d'avoir un accès sans contrainte. L'apprentissage du prompt s'est fait assez rapidement, mais un accompagnement constant a été nécessaire pour accéder à des niveaux de raffinement élevé. Globalement, la production d'images n'a pas posé de problèmes particuliers, en revanche, l'exploitation des images pour le projet a été plus complexe. Pour utiliser une métaphore, c'est comme si les étudiants avaient dû travailler avec un génie qui à la fois les stimulait créativement et en même temps les frustrait de ne pouvoir être à la hauteur. A cela s'est ajoutée une réelle difficulté à traduire en 3D puis en projet les propositions graphiques de Midjourney. Cet enjeu de créativité s'exprime à la fois dans l'immense ressource que deviennent les IA, qui deviennent en même temps et paradoxalement un environnement clos (Doshi & Hauser, 2024).

Nous avons repris en projet court le même exercice en le limitant à la production d'images mais sans forcément passer en 3D ou en projet. Là, la procédure a été mieux assimilée comme outil d'esquisse et d'exploration de concepts. Dans les deux cas, puis dans les expériences suivantes avec des groupes en Formation Professionnalisante Continue (FPC), la quantité d'images a été un sujet. Pour les esquisses en projet, l'ordre est d'un millier d'images par étudiant, ce que l'on retrouve dans les formes plus intensives sur des délais plus courts encore. Ce qui pose la question du choix d'un côté et du maintien du concept de base à travers une telle abondance de l'autre.

4.2.1 En workshop, l'analyse climatique avec l'IA

Le travail sur l'analyse climatique a produit des effets différents. Lors de sessions intensives de trois jours, il a été proposé de découvrir et travailler sur Forma (Fig 3). La prise en main s'est effectuée sur une heure, puis la production a pu se développer dans la foulée sur une application concrète. Au bout du temps imparti, les étudiants ont pu présenter les résultats d'analyses de leur site que cela concerne la course solaire, l'impact sonore des voiries, les gisements énergétiques ou encore le confort des espaces extérieurs. Les analyses ont comparé une situation initiale et des hypothèses de projet.

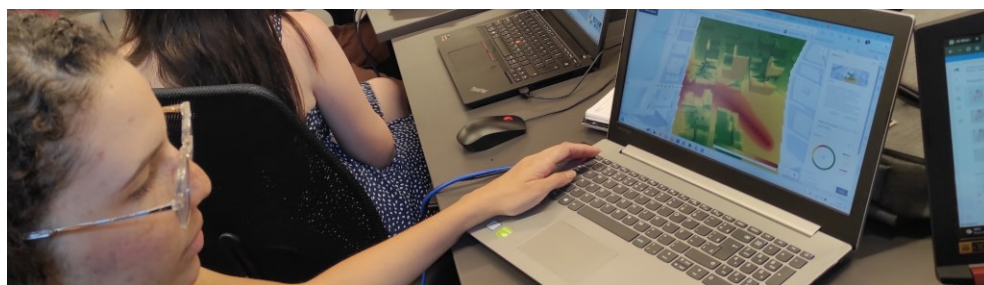


Fig. 3. La découverte de Forma et l'application au projet.

4.2.1 En workshop, l'analyse climatique avec l'IA

Une évaluation qualitative (l'échantillon porte sur le groupe de 16 étudiants) a ensuite été sollicitée montrant que les $\frac{3}{4}$ (75%) connaissaient les applications IA, que la moitié (56%) ne les avait pas utilisé avant les ateliers proposés, mais avait déjà à 68% utilisé un chatbot tel que ChatGPT. 62% ont estimé qu'ils avaient les prérequis pour travailler et à 87%, la mise en route a été facile. A 81 et 87%, il est estimé que les résultats ont été conformes aux attentes et (paradoxalement ?) il y a eu des surprises quand à ce qui a été proposé par les IA. A 68%, les étudiants disent avoir exploité les résultats de l'IA dans le projet mais confirment à 68% également qu'ils ont échoué à transformer les images en 3D et à 81%, ils estiment que la procédure est complexe. La grande majorité (87%) souhaite continuer d'utiliser l'IA pour la suite de leur cursus. Il est enfin estimé que le cursus scolaire prépare mal aux évolutions technologiques en général et à l'IA en particulier.

5 Discussion et Conclusion

Une évaluation précise de la pédagogie utilisant les IA est encore délicat, nous pouvons relater des exemples, des expériences que nous avons monitoré et évalué, mais les groupes étaient encore trop petits, les attentes trop disparates et les résultats encore assez dispersés. Nous avons néanmoins pu tirer quelques conclusions pour nous permettre d'avancer pour la suite.

Tout d'abord, le fait de distinguer l'IA pour l'image et la production de concept et l'IA pour l'évaluation et l'optimisation des projets nous donne deux thématiques distinctes que nous situons l'une et l'autre dans les premières phases du projet. L'une est une recherche formelle et une exploration de concepts. Cette phase permet à la fois de produire des images impactantes mais également de travailler sur le vocabulaire et les références architecturales. L'autre est l'approche environnementale et climatique ouvrant à une meilleure compréhension des enjeux socio-climatiques du projet en produisant facilement et rapidement des résultats pertinents. Dans les deux cas, du point de vue pédagogique, l'IA nous sert de point d'entrée pour évoquer des fondamentaux de techniques et de références. C'est probablement le facteur le plus important. En facilitant la technicité de l'esquisse, du rendu, du calcul de simulation climatique, l'IA nous invite à renforcer une réflexion plus élaborée intégrant dès la conception le contexte climatique pour en faire une contrainte première. La pédagogie doit pouvoir s'adapter à ces changements profonds, la tâche ne sera pas facile car cela concerne les bases structurelles de l'enseignement en architecture. Les remontées d'expériences par Ploennings et Berger (2023) ou par Allouche et Siala (2024) par exemple, montrent que nous sommes en pleine exploration méthodologique, ce qui est passionnant et complexe. L'évolution rapide des méthodes oblige à réviser ce que nous proposons pratiquement d'une semaine sur l'autre. Toutefois, les fondamentaux sur lesquels nous travaillons depuis de nombreuses années nous permettent d'anticiper ces évolutions et faire la part des choses entre la techniques et les références.

References

1. Leach, N., *Architecture in the Age of Artificial Intelligence*, Bloomsbury, 2022
2. DiStefano, P. V., Patterson, J. D., & Beaty, R. E. Automatic Scoring of Metaphor Creativity with Large Language Models. *Creativity Research Journal*, 1–15. (2024).
3. Marie Laure Nivet, Didier Faucher. Playing with design intents: integrating physical and urban constraints in CAD. *Automation in Construction*, 2000, 9 (1), pp.93-105.
4. Lin & al. Magic3D: High-Resolution Text-to-3D Content Creation, NVIDIA Corporation, <https://research.nvidia.com/labs/dir/magic3d/>
5. Chaillou S., *l'intelligence artificielle au service de l'architecture*, Le Moniteur, 2021
6. Marin, P., & Lescop, L. How AI challenges architectural design. In A. Kreutzberg (Ed.), *Envisioning Architectural Scales in the Analogue and Virtual Representation of Architecture: Proceedings of the 16th EAEA conference* (pp. 249-258). Royal Danish Academy - Architecture, Design, Conservation. (2023)
7. Ploennings, J., Berger, M. AI art in architecture. *AI Civ. Eng.* 2, 8 (2023). <https://doi.org/10.1007/s43503-023-00018-y>
8. Allouche N., Siala A., The impact of Artificial Intelligence on project-based learning: perspectives and challenges, *DNA n3*, (2024), <https://doi.org/10.48568/3a6y-dx79>
9. Rapport McKinsey : <http://dln.jaipuria.ac.in:8080/jspui/bitstream/123456789/2898/1/MGI-Reinventing-Construction-Full-report.pdf>
10. Rapport RIBA : <https://riba-prd-assets.azureedge.net/-/media/GatherContent/Business-Benchmarking/Additional-Documents/RIBA-2024-AI-Report.pdf?rev=7fc210b741f3452b9052b701c243b7dd>
11. Anil R. Doshi, Oliver P. Hauser, Generative AI enhances individual creativity but reduces the collective diversity of novel content. *Sci. Adv.* 10, eadn5290(2024).DOI:10.1126/sciadv.adn5290