

Séminaire de recherche : Savoir des Activités de Projets Instrumentés « SAPI »

Domaine d'étude
Concevoir et Construire l'Architecture CCA

L'intelligence artificielle générative dans la conception architecturale

*L'influence des outils d'IA générative sur les compétences
acquises par les étudiants dans les ateliers de projet*

Réalisé par : BAOUZ Amir

Encadré par : Joaquim Silvestre
Anne Tuscher Dokic

2025 - 2026

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à l'ENSA Paris-La Villette et à l'ensemble de son personnel pour m'avoir donné l'opportunité de poursuivre mes études en France et de développer mes compétences dans le domaine de l'architecture. Je remercie également tous les enseignants pour leur soutien, leurs conseils et leur présence tout au long de mes études.

Je tiens également à remercier chaleureusement ma tante Aziza et son mari Mahdi, qui m'ont accueilli chez eux pendant mes trois années d'études. Je remercie également toute ma famille, qui m'a soutenu sans relâche malgré la distance.

Je remercie tout particulièrement mes encadrants, Madame Anne Tuscher et Monsieur Joaquim Silvestre, qui m'ont accepté au sein de leur séminaire malgré mon changement tardif, ainsi que pour leurs orientations, leurs remarques et leurs corrections précieuses au fil des trois semestres.

Je tiens également à remercier les deux enseignants qui ont accepté de participer aux entretiens, Monsieur J. B et Monsieur E. L, ainsi que tous mes collègues qui ont pris le temps de répondre à mon questionnaire.

Sommaire

Liste des Figure.....	01
Glossaire.....	02
Résumé.....	04
1. Introduction.....	05
2. État de l'art.....	07
2.1. L'intelligence artificielle « L'IA ».....	07
2.1.1. Contexte historique de l'IA.....	07
2.1.2. Définitions de l'intelligence artificielle.....	08
2.1.3. Les types d'intelligence artificielle.....	09
2.2. L'intelligence artificielle en architecture.....	12
2.2.1. Familles d'IA appliquées à l'architecture.....	13
2.3. L'intelligence artificielle et L'enseignement de l'architecture	16
2.4. L'approche par compétences dans l'enseignement supérieur.....	18
2.5. L'évaluation des compétences dans l'enseignement supérieur.....	20
2.6. Synthèse.....	22
3. Problématique de recherche et hypothèses.....	23
3.1. Objectifs et problématique.....	23
3.2. Hypothèses.....	23
4. Méthodologie de recherche.....	24
4.1. Description de la méthode de recherche.....	24
4.1.1. Méthode qualitative.....	25
4.1.2. Méthode quantitative.....	26
4.2. Grille d'analyse.....	27
4.3. Questionnaires.....	29
4.3.1. Questionnaire d'enquête.....	29
4.3.2. Questionnaire d'entretien.....	31
5. Présentation des résultats.....	34
5.1. Résultats issus du questionnaire.....	34
5.1.1. Profil des répondants.....	34
5.1.2. Les étapes du projet où les étudiants utilisent l'IA.....	35
5.1.3. Le niveau d'appui sur les propositions générées par l'IA.....	35
5.1.4. La prise de décisions face aux résultats générés par l'IA.....	36

5.1.5. La manière de retravailler les résultats générés par l'IA.....	37
5.1.6. L'influence de l'IA sur le travail de projet des étudiants.....	38
5.1.7. Regard des enseignants.....	41
5.2. Résultats issus des entretiens.....	42
5.2.1. Présentation de l'enseignement du projet de l'Enseignant 1.....	42
5.2.2. Présentation de l'enseignement du projet de l'Enseignant 2.....	44
6. Analyse des résultats.....	45
6.1. L'autonomie.....	45
6.2. L'esprit critique.....	49
6.3. L'originalité du projet.....	53
6.4. L'innovation dans la conception.....	57
7. Mise en relation avec les hypothèses.....	62
8. Conclusion.....	63
9. Bibliographie.....	65
10. Annexes.....	66

Liste des Figures

Figure 01. Fonctionnement d'un réseau de neurones simple. (Cardon *et al.*, 2018).

Figure 02. Catégories d'intelligence artificielle. (© Réby, MAP, CNRS, 2024).

Figure 03. Interface de création de plans d'étage par IA (Floor Plan AI).

Figure 04. Exemples de génération d'images à partir de textes intégrant la conception architecturale. (Exploré par Neil Leach).

Figure 05. Quelques suggestions obtenues grâce à Midjourney. (Fallacara, Costantino, Cavaliera, 2024).

Figure 06. Quelques résultats d'un exercice effectué dans un atelier à l'École polytechnique de Bari. (Fallacara, Costantino, Cavaliera, 2024).

Figures 07. Répartition des répondants selon l'école d'inscription. (Auteur).

Figures 08. Répartition des répondants selon l'année d'études. (Auteur).

Figure 09. Étapes du processus de conception dans lesquelles les étudiants utilisent l'IA générative

Figure 10. Degré d'appui des étudiants sur les propositions de l'IA dans leurs projets. (Auteur).

Figure 11. Stratégies de décision des étudiants face aux résultats générés par l'IA. (Auteur).

Figure 12. Manière dont les étudiants retravaillent les résultats générés par l'IA. (Auteur).

Figure 13. Effet de l'IA sur la manière de travailler en projet. (Auteur).

Figure 14. Perception des étudiants de la qualité de leurs projets avec ou sans IA. (Auteur).

Figure 15. Effet de l'IA sur la durée du processus de conception. (Auteur).

Figure 16. Contribution de l'IA à l'exploration de nouvelles pistes de conception. (Auteur).

Figure 17. Perception des enseignants vis-à-vis de l'utilisation de l'IA générative, selon les étudiants. (Auteur).

Figures 18. Modélisation 3D de la structure du projet réalisée à partir de données issues de ChatGPT. (Alice MESNARD, 2024).

Figures 19. Propositions de bardage bois générées à l'aide de l'IA (Krea) pour la conception de l'enveloppe. (Alice MESNARD, 2024).

Glossaire

Apprentissage machine : Un champ d'étude de l'intelligence artificielle qui vise à donner aux machines la capacité « d'apprendre » à partir de données, via des modèles mathématiques. Plus précisément, il s'agit du procédé par lequel les informations pertinentes sont tirées d'un ensemble de données d'entraînement.

Arbre de décisions : un outil d'aide à la décision représentant un ensemble de choix sous la forme graphique d'un arbre. Les différentes décisions possibles sont situées aux extrémités des branches (les « feuilles » de l'arbre), et sont atteintes en fonction de décisions prises à chaque étape.

Big data : Des ensembles extrêmement vastes et variés de données structurées, non structurées et semi-structurées, sont si vastes et complexes en termes de volume, de vitesse et de variété que les systèmes de gestion de données traditionnels ne peuvent pas les stocker, les traiter ni les analyser.

Chatbots : Un programme informatique capable de simuler une conversation avec un utilisateur, généralement via un chat en ligne ou une messagerie instantanée. Son objectif est d'apporter des réponses rapides et automatisées aux questions des utilisateurs, sans intervention humaine immédiate.

Deep learning : un procédé d'apprentissage automatique utilisant des réseaux de neurones possédant plusieurs couches de neurones cachées.

Echelle Likert : Un système de notation sémantique, généralement composé de 5 ou 7 items, qui est utilisé dans les sondages pour mesurer et évaluer les perceptions, attitudes et opinions.

IA Symbolique : Un ensemble des méthodes en intelligence artificielle reposant sur la logique et des représentations symboliques de haut niveau (lisibles par l'homme) des problèmes.

Logiciel N.Vivo : Un logiciel d'aide à la recherche par méthodes qualitatives et mixtes. Il permet d'organiser et d'analyser facilement des données non structurées.

Prompt : Est une instruction destinée à une intelligence artificielle générative, c'est-à-dire une IA capable de produire du contenu (texte, image, vidéo, musique, etc.) à partir du langage naturel. Aujourd'hui, les prompts sont principalement rédigés à l'écrit, mais ils peuvent également être donnés sous forme vocale.

Réseau de neurones artificiels : un système informatique dont la conception est inspirée à l'origine du fonctionnement des neurones mais qui, par la suite, s'est rapproché des méthodes statistiques.

Systèmes experts : Un outil capable de reproduire les mécanismes cognitifs d'un expert, dans un domaine particulier. Plus précisément, c'est un logiciel capable de répondre à des questions, en effectuant un raisonnement à partir de faits et de règles connues. Il peut servir notamment comme outil d'aide à la décision.

Test de Turing : Un test qui consiste à mettre en communication, à l'aveugle, un être humain et un ordinateur afin de vérifier s'ils sont capables d'atteindre les mêmes niveaux de performance.

Texte to image : Une classe de systèmes d'intelligence artificielle capables de générer des images numériques à partir de descriptions textuelles en langage naturel. Ces systèmes interprètent une entrée textuelle, appelée « prompt », pour synthétiser une image qui correspond visuellement aux concepts, objets, attributs et styles décrits dans ce prompt.

2D to 3D : La reconstruction 3D à partir d'images, désigne la technique qui permet d'obtenir une représentation en trois dimensions d'un objet ou d'une scène à partir d'un ensemble d'images prises sous différents points de vue de l'objet ou de la scène.

Résumé

Ce travail de recherche traite de la manière dont l'intelligence artificielle générative influence les compétences acquises par les étudiants dans les ateliers de projet, telles que l'autonomie et l'esprit critique. Il cherche à comprendre les compétences qui peuvent être renforcées grâce à ces outils et celles qui peuvent être affaiblies.

Le travail repose sur une méthodologie mixte combinant deux entretiens réalisés avec des enseignants qui intègrent l'intelligence artificielle dans leurs ateliers de projets et un questionnaire destiné aux étudiants qui ont utilisé ou non l'IA dans leurs projets.

Ce travail montre que l'intelligence artificielle peut changer les méthodes de travail, mais qu'elle ne remplace pas le processus de conception et ne réduit pas le temps nécessaire à ce processus.

Certaines compétences sont liées au parcours personnel de chaque étudiant et aux méthodes pédagogiques utilisées, elles n'ont pas été fortement influencées par les outils d'IA générative et n'ont pas été affaiblies. D'autres compétences peuvent être touchées par les risques liés à la standardisation si ces outils ne sont pas utilisés de manière critique.

Enfin, de manière générale, l'intelligence artificielle générative peut constituer un outil supplémentaire, dont la pertinence dépendra de la pédagogie adoptée et de la capacité des étudiants à conserver leur rôle critique tout au long du processus de conception.

Mots clés : Architecture, Intelligence artificielle, Enseignement, Compétences, Evaluation.

1. Introduction

Le développement rapide des technologies numériques entraîne des changements dans les pratiques de nombreux domaines, dont l'architecture. Ce domaine a connu de nombreuses transformations au cours du temps, marquées d'abord par le passage du dessin à la main vers la conception assistée par ordinateur (CAO) à l'aide de logiciels, suivi par l'émergence de la conception paramétrique, du BIM (Building Information Modeling) et de la réalité virtuelle. Ces technologies ont contribué à l'évolution du processus de conception et des méthodes de représentation architecturale grâce aux différents outils utilisés.

Aujourd'hui, l'intelligence artificielle représente la technologie la plus marquante de ces dernières années, révolutionnant et transformant de nombreux domaines. En architecture l'intelligence artificielle plus précisément l'intelligence artificielle générative (IAG) commence progressivement à s'y imposer et à occuper une place importante dans les pratiques professionnelles et pédagogiques.

L'intelligence artificielle générative (IAG) consiste à générer divers contenus, tels que des images, des plans et des modèles 3D, à partir de simples textes ou données. Les outils d'IA générative permettent de nouvelles formes de production en explorant rapidement des images et des concepts complexes, ouvrant potentiellement des nouvelles perspectives en architecture.

Dans le domaine professionnel de l'architecture, de nombreuses agences ont commencé à utiliser des outils d'IA générative et les intègrent désormais dans leur travail. Les agences utilisent ces outils principalement pour la conception et la visualisation, afin d'automatiser les tâches répétitives, d'explorer des idées visuelles et des rendus préliminaires pour gagner du temps et améliorer la communication avec les clients. Elles les utilisent également à des fins d'optimisation, utilisant des algorithmes pour optimiser les normes techniques, élaborer des plans adaptés à des contraintes spécifiques et proposer des solutions climatiques.

En parallèle, dans le cadre de l'enseignement, des nombreuses écoles d'architecture à travers le monde expérimentent aujourd'hui l'intégration d'outils d'IA générative à leurs programmes de formation, sous diverses formes. Ces outils peuvent être intégrés directement aux ateliers de projet, qui constituent le cœur de la formation en architecture, ou intégrés à des cours ou modules spécialisés, explorant ainsi de nouvelles approches pédagogiques.

Dans ce cadre, les étudiants apprennent à utiliser et à manipuler des outils comme Midjourney, DALL-E, ChatGPT ou Stable Diffusion, à comprendre leur fonctionnement et les propriétés entourant la création de variables formelles, dans le but de développer de nouvelles compétences pour un apprentissage critique et pertinent.

L'objectif des écoles est d'encadrer ces outils pédagogiquement afin d'enrichir les programmes de projets en explorant de nouvelles alternatives de conception et en élargissant l'imagination des élèves. Ces outils permettent de multiplier les hypothèses formelles, de simuler des scénarios énergétiques, ou encore de tester différentes organisations spatiales, accélérant ainsi certaines étapes du processus de conception.

Dans ce contexte, mon travail de recherche résulte d'un questionnement portant sur cette nouvelle technologie qu'est l'intelligence artificielle générative (IAG) dans le cadre de l'enseignement de l'architecture, et spécifiquement dans les ateliers de projet.

En effet, l'architecture est un domaine complexe qui implique principalement la conception de projets prenant en compte de multiples aspects techniques, fonctionnels et esthétiques. L'objectif principal des écoles d'architecture est de former des architectes capables de concevoir des espaces fonctionnels et durables, conformes aux réglementations et répondant aux besoins des utilisateurs.

L'enseignement de l'architecture est basé principalement sur la conception et requiert des compétences spécifiques. Les étudiants doivent acquérir les compétences nécessaires pour transformer des idées abstraites en espaces concrets. Dans ce cadre, les écoles d'architecture visent à développer ces compétences essentielles chez leurs étudiants afin de former des étudiants autonomes, dotés d'un esprit critique et capables de construire une approche conceptuelle personnelle. Cette formation encourage l'exploration de multiples hypothèses de projet, l'innovation et l'originalité dans les méthodes de conception et de représentation. Ces compétences constituent la base du cadre de formation pour l'obtention du Diplôme d'Etat d'Architecte (DEA).

Or, avec le développement rapide des technologies d'intelligence artificielle et leur utilisation dans l'enseignement de l'architecture, les écoles sont désormais contraintes de reconsidérer cette technologie. En effet, le recours à l'IA générative vise à développer de nouvelles compétences, notamment la capacité à utiliser ces outils dans toute les phases du projet (conception et rendus). Toutefois, cette utilisation n'est pas sans risque : elle peut entraîner une dépendance aux outils d'IA et compromettre des compétences essentielles telles que l'esprit critique, l'indépendance conceptuelle, voire la maîtrise des méthodes de représentation traditionnelles.

Dans ce contexte, cette recherche a été menée pour comprendre comment l'utilisation de l'IA générative affecte les compétences des étudiants développées dans les ateliers du projet, et s'interroger si elle contribue à l'acquisition ou à la perte de compétences.

2. État de l'art

2.1. L'intelligence artificielle « L'IA »

2.1.1. Contexte historique de l'IA :

Après la seconde Guerre mondiale, entre les années 1940 et 1950, l'idée de créer des machines capables de simuler l'intelligence humaine apparaît avec les premiers ordinateurs conçus par Walter Pitts, basés sur l'utilisation de neurones inspirés du cerveau humain.

En 1950, Alan Turing voulait développer des « machine à penser » et voir la possibilité de ces machines si vont atteindre la réflexion humaine. Il propose alors le « Test de Turing », un jeu qui se joue entre un juge, un être humain et un programme. Le test de Turing cherche en premier lieu si ces machines peuvent faire des erreurs d'ordre humaines.

En 1955, l'informaticien américain John McCarthy a proposé le terme « intelligence artificielle », et en 1956 la conférence de Dartmouth marque la naissance officielle de l'IA en tant que discipline scientifique.

Les années 1960-1970 représente l'époque de la domination de l'optimisme : les progrès concernent les jeux et la résolution de problèmes. Des programmes connus sont créés comme Eliza, un des premiers chatbots. Tandis que, John McCarthy a contribué à l'essor de l'intelligence artificielle avec le langage de programmation LISP.

Durant années 1980 et 1990, l'IA reprend vie, grâce aux avancées dans le domaine de l'apprentissage-machine au développement de systèmes experts, sont des programmes capables de prendre des décisions dans des domaines spécifiques. Les systèmes d'IA sont entraînés de façon plus précise suite à l'émergence du Big data.

Durant cette période, l'intelligence artificielle a franchi une étape importante avec la victoire de l'ordinateur « Deep Blue » conçu par IBM contre le champion du monde d'échecs Garry Kasparov.

À la fin des années 1990, l'enthousiasme pour l'IA est retombé lorsque les systèmes experts ont montré leurs limites et obtenu des résultats moins bons que prévu. Les chercheurs évitent même d'utiliser le terme « intelligence artificielle » par crainte d'être décrédibilisés.

Les années 2000 marquent le retour de l'IA avec l'apparition de l'apprentissage profond « Deep Learning » car cette technique permet aux machines d'apprendre à partir de grandes quantités de données grâce aux réseaux de neurones artificiels. Cette avancée conduit au développement de l'IA générative, capable de produire images, textes, sons et vidéos.

Aujourd'hui, avec l'émergence de programmes comme DALL-E, Midjourney et ChatGPT, l'intelligence artificielle connaît un tournant majeur et continue d'évoluer très rapidement.

À travers cette évolution historique, nous constatons qu'il existe aujourd'hui plusieurs définitions de l'IA, chacune liée à un usage spécifique ou à des points de vue différents.

2.1.2. Définitions de l'intelligence artificielle :

Depuis l'émergence de l'intelligence artificielle (IA), de nombreuses définitions ont été proposées pour tenter de définir le concept. Elles diffèrent les unes des autres, car chacune d'entre elles s'appuie sur un aspect et des angles de vue différents.

Selon le dictionnaire Larousse, l'IA est définie comme « un ensemble de théories et de techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine ». Cette définition considère l'intelligence artificielle comme une imitation de l'intelligence humaine. Le Parlement européen confirme cette approche en parlant d'une reproduction des processus cognitifs humains, tels que le raisonnement, la planification et la créativité. [Saporta, 2023]

Pour Yann LeCun, l'objectif est de « faire faire aux machines des activités que l'on attribue généralement aux animaux et aux humains ». Il a proposé une définition plus pratique, selon laquelle l'IA est la capacité des machines à réaliser des tâches humaines. [Saporta, 2023]

D'autre part, Bobbinisi et Kerr ont défini l'IA avec la même manière que Yann LeCun, mais en la considérant comme des systèmes informatiques capables d'apprentissage, d'adaptation, d'autocorrection et de traitement des tâches complexes. [Allouche, 2024]

Sur la base de ces définitions, nous pouvons définir l'intelligence artificielle comme des systèmes capables de simuler certaines fonctions cognitives humaines et accomplir des tâches complexes grâce à des algorithmes et des techniques avancés.

Ces définitions montrent qu'il n'existe pas un seul type d'IA, mais plusieurs formes possibles.

[Saporta, 2023] Saporta, G. (2023). Histoire et enjeux de l'IA. In F. Guénot (Ed.), L'IA éducative (pp. 41-50).

[Allouche, 2024] Allouche, E. (2024). Artificial intelligence and education : Apports de la recherche et enjeux pour les politiques publiques. Ministère de l'Éducation nationale.

2.1.3. Les types d'intelligence artificielle :

L'intelligence artificielle s'est construite au fil du temps à travers différentes approches distinctes dans leurs méthodes, mais également articulées entre elles.

De l'IA symbolique aux Système experts :

L'IA symbolique ou « l'intelligence artificielle classique », repose sur des règles logiques ou probabilistes, incluant des énoncés tels que « si...alors... » proches du raisonnement humain. Elle a donné naissance aux système experts, qui reposent sur « l'ingénierie des connaissances ». Il s'agit d'une tâche complexe car pour chaque domaine spécifique il faut collecter et modéliser le savoir des experts. [Saporta, 2023] [Marsault, 2024]

Cependant, l'IA symbolique a rapidement montré ses limites, conduisant à l'émergence de l'apprentissage-machine.

L'émergence du Machine Learning :

L'apprentissage-machine ou l'apprentissage automatique permet aux machines d'évoluer d'apprendre à partir de données sans être programmées pour une tâche spécifique, ce qui les rend plus flexibles que l'IA symbolique. Il s'agit d'un ordinateur qui optimise ses performances en s'appuyant sur l'expérience et sans recourir à des données spécifiques pour chaque cas.

L'apprentissage automatique est utilisé dans de nombreuses applications telles que la reconnaissance d'images, la traduction automatique, la recommandation de produits.

Le processus de fonctionnement du Machine Learning est basé sur trois étapes. La première étape consiste à collecter un grand ensemble de données pertinentes pour la tâche que vous souhaitez automatiser. La deuxième étape est l'entraînement du modèle d'apprentissage automatique à partir des données collectées pour réduire les erreurs de prédiction. Enfin, le modèle peut être utilisé plusieurs fois pour prédire de nouvelles données une fois qu'il est formé. [Marsault, 2024]

L'apprentissage automatique se distingue par trois modèles différents :

A. L'apprentissage supervisé : Ce type d'apprentissage consisté a entraîné le modèle par des données étiquetées, où la réponse correcte est déjà connue. Le modèle apprend ensuite à distinguer différentes données en analysant toutes leurs caractéristiques.

B. L'apprentissage non supervisé : Dans ce type d'apprentissage le modèle ne reçoit pas les données étiquetées, donc pas de réponse spécifique. Il découvre lui-même des structures, des regroupements et des relations au sein des données.

[Saporta, 2023] Saporta, G. (2023). Histoire et enjeux de l'IA. In F. Guénot (Ed.), L'IA éducative (pp. 41-50).

[Marsault, 2024] Marsault, X., Guéna, F., Hochscheid, E., Silvestre, J., & Duclos-Prévet, C. (2024). Architecture et intelligence artificielle : quels enjeux ? Culture & Recherche, 147, 68-71.

C. L'apprentissage par renforcement : Ce type d'apprentissage, le modèle est entraîné en interagissant avec son environnement. Il reçoit une récompense ou une pénalité en fonction de ses actions, et il cherche alors à maximiser les récompenses. [Allouche, 2024]

L'apprentissage automatique a montré ses limites face aux données massives. Pour résoudre ce problème, le deep learning ou l'apprentissage profond est né.

Le deep learning :

Constitue une sous-catégorie de l'apprentissage automatique. Selon Yann Le Cun (2019), le deep learning englobe un ensemble de techniques d'apprentissage axées sur des réseaux de modules paramétrés interconnectés. Il peut être utilisé pour l'apprentissage supervisé (avec des données étiquetées) ou l'apprentissage non supervisé (sans étiquettes).

Ce type d'apprentissage s'appuie sur des réseaux de neurones artificiels (RNA) formés de multiples couches. Chaque couche a pour rôle de transmettre les caractéristiques des données à la couche suivante. Les couches profondes développent des caractéristiques complexes en combinant des caractéristiques simples acquises par les premières couches du réseau, c'est une extraction hiérarchique des caractéristiques. [Basarir, 2022] [Allouche, 2024]

Des algorithmes d'optimisation sont utilisés pour ajuster les poids des connexions entre les neurones afin de réduire l'écart entre les prédictions du modèle et les valeurs réelles.

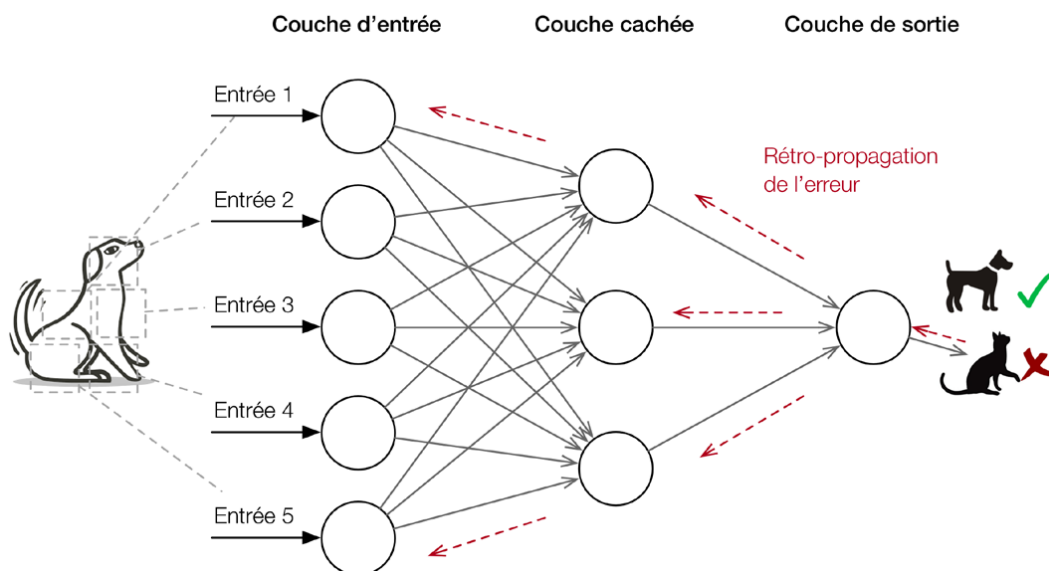


Figure 01. Fonctionnement d'un réseau de neurones simple. (Cardon et al., 2018)

[BASARIR, 2022] Basarir, L. (2022). Modelling AI in architectural education. GU Journal of Science, 35(4), 1260-1278.

[Allouche, 2024] Allouche, E. (2024). Artificial intelligence and education : Apports de la recherche et enjeux pour les politiques publiques. Ministère de l'Éducation nationale.

L'apprentissage profond offre plusieurs avantages, notamment une manipulation de données volumineuses et diverses, telles que des images, des textes, des sons, des vidéos et ainsi que le traitement de données complexes pour obtenir des performances supérieures par rapport aux modèles d'apprentissage automatique traditionnels. Il peut effectuer également de nombreuses tâches, comme la classification, la régression, la génération de contenu et la traduction. [Lukovich,2023] [Marsault, 2024]

Cependant, l'apprentissage profond présente aussi certaines limites. Les modèles sont souvent considérés comme des « boîtes noires » car il est difficile de comprendre comment ils génèrent leurs prédictions. Ces modèles nécessitent généralement d'énormes ensembles de données pour être entraînés de manière efficace. De plus, l'entraînement de ces modèles peut être très coûteuse en termes de calcul. [Saporta, 2023] [Marsault, 2024]

Le deep learning constitue une technologie puissante qui a révolutionné de nombreux domaines grâce à ses outils en constante évolution. Dans le domaine de l'architecture, il contribue désormais à la production d'images et à l'exploration de variations, ouvrant de nouvelles perspectives.

Le schéma ci-dessous illustre l'organisation et les relations entre les différentes formes d'intelligence artificielle présentées précédemment :

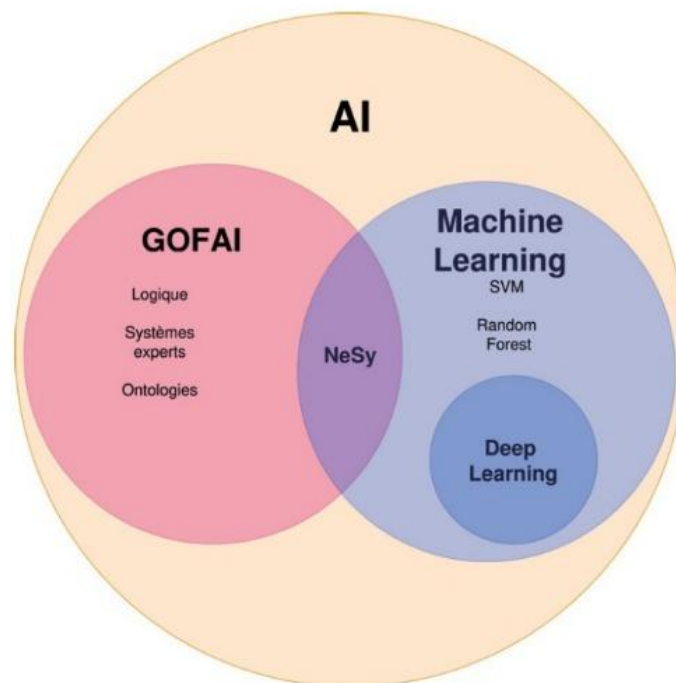


Figure 02. Catégories d'intelligence artificielle. (© Réby, MAP, CNRS, 2024)

[Lukovich,2023] Lukovich, T. (2023). Artificial intelligence and architecture: Towards a new paradigm. Ybl Journal of Built Environment, 8(1).

[Saporta, 2023] Saporta, G. (2023). Histoire et enjeux de l'IA. In F. Guénot (Ed.), L'IA éducative (pp. 41-50).

[Marsault, 2024] Marsault, X., Guéna, F., Hochscheid, E., Silvestre, J., & Duclos-Prévet, C. (2024). Architecture et intelligence artificielle : quels enjeux ? Culture & Recherche, 147, 68-71.

2.2. L'intelligence artificielle en architecture

La vague technologique de l'intelligence artificielle s'étend aujourd'hui à divers domaines, apportant également son soutien à la discipline architecturale. Dans ce contexte, l'intelligence artificielle a fait son entrée dans le domaine de l'architecture grâce à des expositions et des concours. En 2019, la première exposition consacrée à l'architecture générée par l'IA a été organisée à Orléans, en France, conçue par Hernán Díaz Alonso et Casey Rehm. Intitulée « The Architectural Beast », cette exposition repose sur l'utilisation de l'IA pour transformer progressivement les images architecturales diffusées en ligne, illustrant un processus de « contamination » culturelle. [Leach, 2021]

Suite à ces premières expérimentations, l'utilisation de l'IA en architecture s'est rapidement développée. Aujourd'hui, de nombreux modèles d'intelligence artificielle sont utilisés, notamment l'intelligence artificielle générative, considérée comme un nouvel outil pour la pratique architecturale.

Ces outils d'IA générative permettent de nombreuses utilisations importantes dans la création d'images architecturales, depuis les représentations conceptuelles et les images photoréalistes jusqu'aux variantes améliorées, repensées ou recontextualisées, offrant une diversité de rendus difficiles à obtenir avec les outils traditionnels.

L'intérêt des outils d'IA générative se caractérise dans deux phases du projet : la phase préliminaire, lors de la conception initiale d'un projet architectural, où ils facilitent l'expérimentation de nouvelles formes, le test de différents styles graphiques et même la génération automatique de plusieurs variantes d'une même idée ; la phase finale, où ils permettent la génération des rendus, des illustrations ou de supports de communication pour le projet final. [Pengzhi, 2024]

Face à ces possibilités, de nombreux architectes de renom explorent également le potentiel de l'IA dans leurs pratiques professionnelles. Par exemples, Thom Mayne (Morphosis) l'utilise pour élargir les possibilités de conception, Wolf Brix (Coop Himmelblau) pour améliorer les processus de conception, et Patrik Schumacher (Zaha Hadid Architects) pour simuler le comportement des utilisateurs dans ses bâtiments. [Leach, 2021]

Parallèlement, des éditeurs de logiciels reconnus comme Autodesk intègrent des modules d'IA à leurs produits, tandis que des startups comme SpaceMakerAI et Xcool conçoivent des outils spécifiquement destinés aux architectes et aux promoteurs immobiliers. Ces outils visent à optimiser les projets en facilitant l'analyse de données de site complexes et en offrant de nombreuses options de conceptions. [Leach, 2021]

Au-delà de ces exemples concrets, les usages actuels de l'IA en architecture peuvent être divisés en deux grandes familles.

[Leach, 2021] Leach, N. (2021) *Architecture in the Age of Artificial Intelligence: An Introduction to AI for Architects*. Bloomsbury.

[Pengzhi, 2024] Pengzhi, L., Baijuan L., Zhiheng L. (2024). *Sketch-to-Architecture: Generative AI-aided Architectural Design Ideation*.

2.2.1. Familles d'IA appliquées à l'architecture :

Aujourd'hui en architecture on distingue deux grandes familles d'intelligence artificielle appliquées dans ce domaine et qui offrent des approches complémentaires.

La première famille c'est pour l'aide à la conception et au rendu comprend les applications d'imagerie. L'objectif principal de cette famille est la visualisation rapide des hypothèses, de produire des images de haute qualité et les rendus 3D.

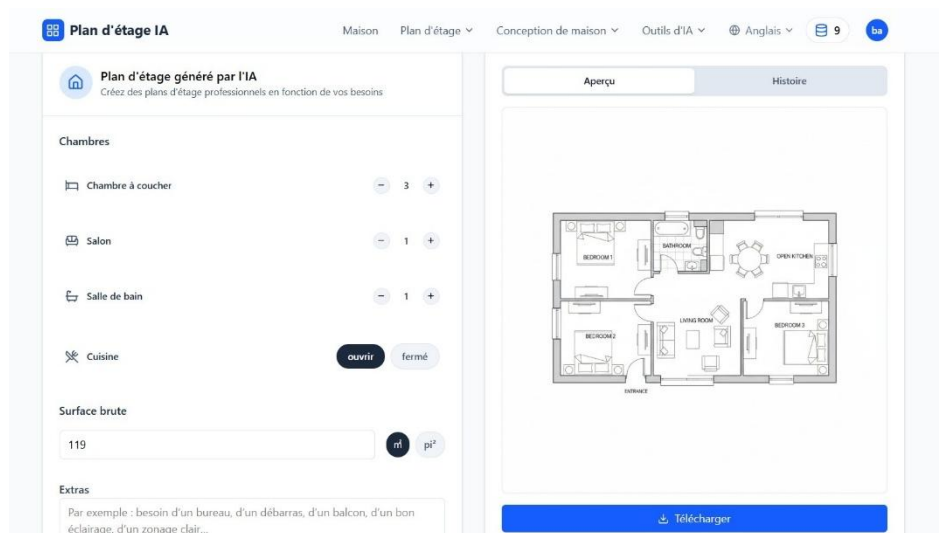


Figure 03. Interface de création de plans d'étage par IA (Floor Plan AI)

La deuxième famille c'est pour l'aide à l'optimisation son objectif est de faire des analyses et produire des hypothèses architecturales, comme l'analyse des données du site, l'automatisation des plans et faire des calculs climatiques. (Figure 03) [Lescop, 2024]

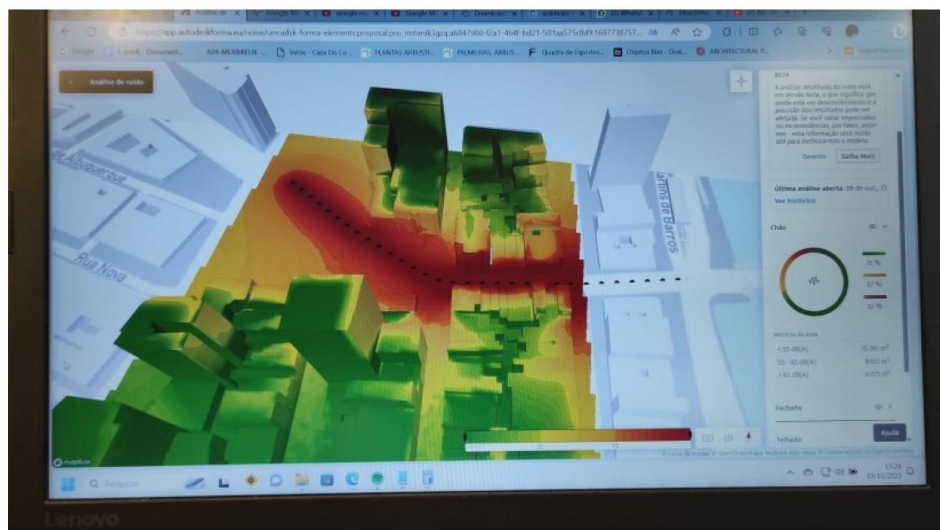


Figure 04. Analyse climatique : interface de Forma (Autodesk)

[Lescop, 2024] Lescop, L., & Mangasaryan, A. (2024). L'IA dans la pédagogie en architecture, fondements, références, horizons. SHS Web des Conférences, 203, 03001.

L'aide à la conception :

Comme j'ai mentionné précédemment, l'aide à la visualisation fait partie des deux principales familles d'IA appliquées en architecture dans le but d'aider les architectes à explorer et à présenter leurs idées de conception. Les IA de visualisation permettent de générer rapidement des images basées sur des descriptions textuelles ou des modèles 3D simples, elle repose sur l'utilisation d'applications « Text-to-Image » et « 2Dto3D ».

Une visualisation rapide d'hypothèses :

L'étape de départ du processus de la visualisation commence par la description textuelle appelée prompt ou l'architecte fournit un texte détaillé qui explique le concept architectural et les informations sur le style architectural, les matériaux, l'ambiance, la lumière souhaités dans le projet. Le prompt déjà fourni sera utilisé par l'IA pour générer une série d'images 2D qui correspondent à ce dernier, c'est l'étape de « génération d'image 2D » (Figure 04). Après, l'architecte sélectionne les images les plus pertinentes pour sans projet et en même temps il peut affiner le prompt utilisé dans la première étape ou utilise des fonctionnalités d'édition pour modifier les images. Ensuite les images 2D sélectionnées peuvent être converties en modèles 3D à l'aide d'une technologie appelée « 2Dto3D ». Enfin, des détails, des textures et d'effets réalistes peuvent être apportés sur ce modèle 3D en utilisant des plugins d'IA intégrés aux logiciels de modélisation 3D. [Lescop, 2024]



Figure 05. Exemples de génération d'images à partir de textes intégrant la conception architecturale (exploré par Neil Leach)

[Lescop, 2024] Lescop, L., & Mangasaryan, A. (2024). L'IA dans la pédagogie en architecture, fondements, références, horizons. SHS Web des Conférences, 203, 03001.

Une production aisée d'images :

En architecture, l'IA fait référence à la capacité de générer rapidement et facilement des rendus de haute qualité et d'explorer différents styles et concepts visuels. Les architectes peuvent créer des images sans avoir des compétences avancées sur les plateformes d'IA de visualisation, grâce aux interfaces intuitives qui offrent ces plateformes et qui permettent une simplicité d'utilisation. En effet, la génération des images par l'IA est significativement plus rapide par rapport aux méthodes traditionnelles de rendu. En modifiant simplement le prompt textuel, l'IA permet d'explorer facilement différents styles architecturaux, des matériaux, des ambiances variées, et même des éclairages complexes. Aussi l'architecte peut mieux communiquer ces idées grâce aux images de très haute qualité générée par les IA de visualisation et qui sont proches du photoréalisme. [Lescop, 2024]



Figure 06. Quelques suggestions obtenues grâce à Midjourney. (Fallacara, Costantino, Cavaliera, 2024).

[Lescop, 2024] Lescop, L., & Mangasaryan, A. (2024). L'IA dans la pédagogie en architecture, fondements, références, horizons. SHS Web des Conférences, 203, 03001.

2.3. L'intelligence artificielle et l'enseignement de l'architecture

Aujourd'hui, il existe de nombreuses universités et écoles d'architecture proposent des formations basées sur l'utilisation de l'intelligence artificielle dans les pratiques architecturales. Nous constatons que de nombreux professeurs à travers le monde ont commencé à intégrer l'intelligence artificielle dans leurs ateliers.

En Italie l'école polytechnique de Bari a mis en place une expérience pédagogique innovante qui consiste à intégrer l'intelligence artificielle générative dans l'enseignement de l'architecture. L'école insiste sur le fait que l'IA est un outil au service de l'architecte. Les étudiants apprennent à l'utiliser de manière critique et à conserver leur propre jugement. Le programme se déroule en trois phases, passant de l'interprétation d'images générées par l'IA en modèles 3D, à la manipulation de ces images via le photomontage, puis à la réalisation de rendus photo-réalistes. (Figures 07)

En France, L'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble participe au projet EFELIA (École Française de l'Intelligence Artificielle), elle offre une formation portant sur l'initiation à l'application de l'Intelligence Artificielle dans les domaines de l'architecture. La formation est composée de quatre cours de master sont ainsi labellisés « design génératif » offrant des modules d'introduction à l'IA et une formation dédiée de niveau master 2. Les cours labellisés plongent les étudiants dans l'univers de la modélisation générative et de l'application de l'IA en architecture. L'objectif est de préparer les étudiants à maîtriser des outils numériques avancés dans le domaine de la conception architecturale, en les familiarisant avec des méthodes émergentes. [Ben Saci, 2024]



Figures 07. Quelques résultats d'un exercice effectué dans un atelier à l'École polytechnique de Bari. (Fallacara, Costantino, Cavaliera, 2024).

Ces exemples d'écoles montrent que l'intégration de l'IA en enseignement peut transformer la pédagogie architecturale en introduisant des nouvelles méthodes d'apprentissage. L'objectif des cours dédiés est de permettre aux étudiants de comprendre l'apprentissage automatique, la conception computationnelle et l'analyse des données de l'IA et de les motiver à générer des solutions de conception innovantes. [Korra, 2022]

D'autre part, l'IA est introduite dans les ateliers de projet à travers des outils de génération d'images et de conception générative. Cette pratique vise à encourager les étudiants à dépasser les limites de la pensée architecturale traditionnelle et à confronter les suggestions de l'IA de manière critique pour développer des solutions architecturales argumentées. [Mansour, 2024] [Korra, 2022] [Fallacara, 2024]

L'IA est également utilisée dans la programmation architecturale. Des outils conversationnels peuvent aider les étudiants à analyser les problèmes, à mieux comprendre les dimensions sociales, environnementales ou économique d'un site, et analyser différentes options de programmation et créer des résumés architecturaux plus précis et plus complets. [Jin, 2024]

L'IA est également utilisée aussi pour l'analyse de site, elle permet de traiter de quantités massives de données provenant de diverses sources variées. Elle contribue à Identifier les opportunités et les contraintes du site, à générer des visualisations 3D et simuler différents scénarios. Cela aidera les étudiants à mieux comprendre le contexte du site, proposer des conceptions adaptées et durables. Les outils d'IA sont également utilisés pour analyser les modèles 3D des bâtiments. Ils permettent d'évaluer la performance structurelle et énergétique, d'identifier les faiblesses des conceptions et apporter des ajustements. Ces simulations soutiennent les démarches d'optimisations portant sur l'usage des matériaux, la consommation d'énergie, et le confort thermique. [Korra, 2022]

Enfin, l'IA intervient dans la représentation architecturale à travers des logiciels de rendu contiennent les outils de cette technologie. Ces outils offrent aux étudiants la possibilité de produire des visualisations de haute qualité, capable de restituer texture des matériaux, lumières et ambiance donnant vie aux projets et facilitant leur communication. [Ceylan, 2021]

[Korra, 2022] Korra, C., Sadhana, A. V., Reddy Kethi Reddy, A., Yelagandula, M., & Vemula, L. (2022). Approches transformatrices dans l'enseignement de l'architecture : tirer parti de l'intelligence artificielle pour améliorer la conception, la créativité et l'intégration technique.

[Mansour, 2024] Mansour, N. (2024). Redefining architectural pedagogy: Navigating the integration of Midjourney AI in design education. Paper presented at the ACSA 112th Annual Meeting: Disrupters on the Edge, Vancouver, BC.

[Fallacara, 2024] Fallacara, G., Costantino, D., & Cavaliere, I. (2024). Le défi de la didactique de l'architecture contemporaine : concevoir en dialogue avec l'intelligence artificielle. SHS Web of Conferences, 198, 02001.

[Jin, 2024] Shitao-jin, Tu, H., Li, J., Fang, Y., Qu, Z., Xu, F., Liu, K., & Lin, Y. (2024). Améliorer l'enseignement de l'architecture grâce à l'intelligence artificielle : une étude de cas d'un cours de programmation et de conception architecturale assistée par l'IA.

[Ceylan, 2021] Ceylan, S. (2021). L'intelligence artificielle en architecture : une perspective pédagogique. Dans les actes de la 13e Conférence internationale sur l'éducation assistée par ordinateur (CSEDU 2021) - Volume 1 (pp. 100-107). SCITEPRESS – Publications scientifiques et technologiques.

2.4. L'approche par compétences dans l'enseignement supérieur

L'enseignement et la formation éducative en générale vise à développer des compétences chez les étudiants pour l'insertion dans le domaine professionnel. Le concept de compétence est essentiel dans le monde du travail et dans les domaines de l'éducation, et il évolue constamment en raison des mutations que connaît le monde du travail. [Lefevre, 2013]

Selon Perrenoud en 1995, les compétences sont « des savoir-faire de haut niveau, qui exigent l'intégration de multiples ressources cognitives dans le traitement de situations complexes », Il s'agit donc de prendre des décisions et des actions du même type pour traiter une classe de problèmes et un ensemble de situations. [Perrenoud, 1995]

En 2006, Tardif définissait la compétence comme « savoir-agir complexe qui prend appui sur la mobilisation et la combinaison efficaces d'une variété de ressources internes et externes à l'intérieur d'une famille de situations ». La compétence est donc un savoir-agir complexe caractérisée par plusieurs éléments clés : la capacité à intégrer de multiples ressources (internes et externes) et à les combiner de manière cohérente, son développement continu au fil du temps, son ancrage contextuel et sa nature évolutive qui permet d'intégrer de nouvelles ressources et situations pour être appliquée pour une meilleure pertinence. [Tardif, 2006]

Suite à cette définition, aujourd'hui, les compétences se divisent en deux grandes catégories : des compétences disciplinaires et des compétences transversales.

A. Les compétences disciplinaires :

Selon le Cadre national de certification (le portail France Compétences), ces compétences sont directement liées à une discipline spécifique. Elles regroupent les connaissances théoriques et pratiques propres à chaque domaine d'études, permettant de résoudre des problèmes liés à ce domaine. Ces compétences sont acquises par la formation académique et évaluées par des contrôles et examens, donnant lieu à des certifications accrédités.

B. Les compétences transversales :

Il s'agit de compétences qui couvrent de nombreuses disciplines et qui sont pratiquées tout au long de la vie.

La notion de compétence transversale indique « des compétences qui peuvent être opérantes dans divers contextes et situations à distance de ceux dans lesquels elles ont été initialement élaborées. ». Il s'agit de compétences liées aux dimensions personnelles des

[Lefevre, 2013] Lefevre, G. (2013). Compétences professionnelles. In Dictionnaire des concepts de la professionnalisation (p. 65-69).

[Perrenoud, 1995] Perrenoud, P. Des savoirs aux compétences : les incidences de l'approche par compétence sur le métier d'enseignant et sur le métier d'élève [au collégial]. Pédagogie collégiale Vol. 9, no 2, déc. 1995, p. 6-10, 2015.

[Tardif, 2006] Collectif. (2018, 1 déc.). Compétence (selon Jacques Tardif, 2006 ; 2017). Magazine pédagogique – Service de soutien à la formation, Université de Sherbrooke.

individus, généralement acquises de manière informelle et sans contextes spécifiques. Ces compétences permettent de dépasser les frontières disciplinaires. [Boanca, 2019]

En ce qui concerne la formation en architecture, en France, l'obtention du Diplôme d'Etat d'Architecte (DEA) repose sur un référentiel de compétences spécifiques, défini dans le Cadre National des Certifications Professionnelles et disponible sur le portail officiel France Compétences. Ce référentiel constitue un socle commun à toutes les écoles d'architecture françaises et définit l'ensemble des connaissances que les étudiants doivent acquérir pour exercer la profession. Il identifie notamment les deux catégories mentionnées précédemment : les compétences disciplinaires, directement liées à la conception architecturale et urbaine, les compétences transversales, communes à tout diplôme de niveau master.

Premièrement, les compétences disciplinaires, visent essentiellement à rendre les étudiants autonomes dans leur démarche de conception ainsi qu'à développer un esprit critique indépendant, nécessaire pour analyser et discuter des outils, des théories et des pratiques architecturales.

L'étudiant en architecture doit construire une démarche conceptuelle personnelle basée sur plusieurs critères. Cette démarche doit être créative, en proposant des solutions innovantes adaptées aux enjeux contemporains et durables ; itérative, en explorant différentes hypothèses et scénarios ; et critique, en intégrant les contraintes techniques, réglementaires, environnementales et sociales afin de formuler des réponses pertinentes.

L'originalité et la qualité des projets produits doivent être assurées en s'appuyant sur la capacité des étudiants à imaginer, tester et valider des dispositifs innovants au travers de maquettes, prototypes ou simulations et à maîtriser les outils de représentation, qu'il s'agisse de dessin, de modélisation numérique ou de BIM, pour traduire clairement leurs intentions architecturales.

Deuxièmement, les compétences transversales, définies par le portail Compétences France complètent ce socle, permettant aux futurs architectes d'élargir leur champ d'intervention. Ces compétences incluent le travail en équipe, la gestion de projet et la coordination, tout en tenant compte des principes d'éthique, de responsabilité sociale et environnementale. Elles incluent également l'intégration de problématiques telles que l'accessibilité et l'inclusion, la maîtrise des outils numériques avancés et la capacité à communiquer efficacement.

[Boanca, 2019] Boanca, I., Starck, S. (2019). Les compétences transversales : Un référent pertinent pour la formation ? Recherches en éducation n°37. Université de Nantes.

2.5. L'évaluation des compétences dans l'enseignement supérieur

L'évaluation joue un rôle important dans l'enseignement supérieur, permettant à la fois de mesurer l'acquisition des compétences et d'assurer la qualité de la formation dispensée.

L'évaluation vise à obtenir un résultat total permettant d'identifier les acquis et les lacunes des étudiants et qui sera utilisée en suite dans une mécanique de certification. L'objectif principal de l'évaluation n'est pas seulement une appréciation sur la qualité de travail mais aussi de déterminer si un étudiant est vraiment compétent en évaluant sa capacité à utiliser ses ressources pour faire face à des situations complexes et à démontrer sa capacité à mettre en pratique son savoir et savoir-faire dans des tâches complexes. [Scallon, 2004]

Nous pouvons également distinguer deux principaux types d'évaluation : premièrement, l'évaluation traditionnelle, basée sur des mesures et également appelée évaluation sommative. Ce type d'évaluation est réalisé à la fin d'un cycle ou d'un module à travers des examens à correction objective, qui produisent souvent des résultats chiffrés qui seront additionnées. Deuxièmement, l'évaluation par jugement, appelée évaluation formative, repose sur l'observation des performances de l'étudiant dans différentes situations. Cette évaluation accompagne l'étudiant pour assurer sa progression. [Scallon, 2004]

Par ailleurs, selon Scallon (2004) l'émergence de l'évaluation par compétences a permis des progrès significatifs, car elle vise à évaluer la capacité de chaque étudiant à atteindre des objectifs clairement définis, plutôt que de la comparer à celle d'un groupe d'étudiants. Dans cette approche, l'évaluation établit un équilibre entre un cadre de référence normatif (défini par des référentiels de compétences ou des programmes) et le jugement académique des enseignants qui interprètent ces normes dans le contexte concret d'un enseignement.

Au vu de ces évaluations et des différences qui les caractérisent, cela nous amène à nous interroger sur le rôle des enseignants dans l'évaluation.

Les enseignants sont chargés d'assurer la progression de chaque étudiant dans le développement d'une ou plusieurs compétences, ils sont les premiers responsables de la formation des individus. Par conséquent, ils sont chargés de concevoir des systèmes d'évaluation et d'identifier des tâches complexes permettant aux étudiants de démontrer leurs compétences.

Le rôle des enseignants dans l'évaluation des compétences va au-delà de la simple notation. Leur jugement professionnel constitue la base de l'évaluation, car aucune compétence ne peut être certifiée sans le jugement des personnes responsables de la formation. Nous pouvons donc dire que ce certificat est le résultat d'une longue série d'événements auxquels les enseignants ont été témoins.

Le jugement professionnel des enseignants applique le cadre de référence d'une part et montre jusqu'à quel point les étudiants répondent aux attentes du programme d'études

[Scallon, 2004] Scallon, G. (2004). L'évaluation des compétences et l'importance du jugement. Actes du colloque de l'Association québécoise de pédagogie collégiale (AQPC), 201-232. Université Laval.

d'autre part. Les enseignants traduisent ainsi le cadre de référence institutionnel en critères concrets adaptés aux contextes pédagogiques. L'évaluation repose donc sur leur appréciation académique, qui permet de déterminer le niveau de maîtrise des compétences de l'étudiant en vue de sa certification.

Cette certification des compétences n'est pas seulement un acte pédagogique, mais sert également de validation institutionnelle (références nationales, certificats), et s'appuie également sur la légitimité académique des enseignants, reconnus comme les premiers responsables dans leur domaine.

2.6. Synthèse :

Dans le cadre de ma recherche, mon intérêt s'est toujours tourné autour de l'utilisation des outils d'intelligence artificielle en architecture, et plus particulièrement dans les ateliers de projets. Je cherchais à comprendre si ces outils constituaient un avantage ou un inconvénient pour les étudiants et leur progression. En avançant dans cette réflexion, j'ai remarqué que cette question était directement liée au sujet des compétences des étudiants en architecture et à la manière dont ces compétences étaient évaluées.

Dans mon état de l'art, j'ai donc essayé d'étudier trois éléments que je considère comme essentiels dans ma recherche à savoir l'intelligence artificielle en architecture, les compétences attendues dans la formation des écoles d'architecture et enfin la manière dont ces compétences sont évaluées. D'autre part, j'ai tenté de comprendre et d'expliquer le lien entre ces trois éléments dans la pratique et l'enseignement dans les ateliers de projet en architecture.

Les écoles d'architecture forment avant tout des personnes capables de penser, critiquer et concevoir des projets. Parallèlement, l'intelligence artificielle et plus particulièrement l'IA générative à prendre une place dans le processus de conception et l'enseignement du projet architectural dans ces écoles. Elle permet de produire rapidement des variantes et de visualiser des hypothèses. Ces outils modifient donc la manière dont les étudiants conçoivent et représentent leurs projets. C'est là qu'intervient la question des compétences et que l'apparition de l'IA va-t-elle modifier la manière dont ces compétences sont mobilisées ?

Au même temps c'est l'évaluation qui détermine la validité ou non des compétences, donc cette dernière reste un élément clé dans la formation. Elle repose principalement sur le jugement des enseignants sur la qualité et la pertinence des projets de étudiants. Une deuxième question se pose alors : comment les enseignants évaluent-ils un projet conçu avec l'aide des outils d'IA ?

Dans mon mémoire, donc l'objectif principal est d'essayer de comprendre si l'utilisation d'outils d'intelligence artificielle générative permet vraiment aux étudiants de développer de nouvelles compétences ou si c'est plutôt le contraire qui se produit. D'autre part, je vais m'intéresser à savoir si ces outils influencent l'évaluation des compétences ou y apportent des changements. Pour ce faire, je vais m'appuyer sur un public cible composé d'étudiants en architecture (de la première à la cinquième année) et d'enseignants d'ateliers qui utilisent l'intelligence artificielle dans leurs cours. À travers ce cas concret, qui combine questionnaires et entretiens, nous analyserons la manière dont les enseignants perçoivent les compétences que les élèves utilisent ou acquièrent réellement.

3. Problématique de recherche et hypothèses

3.1. Objectifs et problématique :

En réfléchissant à ce sujet de recherche portant sur l'intelligence artificielle dans le domaine de l'architecture, j'ai réalisé que l'IA joue un rôle de plus en plus important dans ce domaine, non seulement en tant qu'outil technique, mais aussi comme moyen d'aider les étudiants à développer leurs capacités dans la conception architecturale. En approfondissant mes recherches et en analysant divers articles pour la réalisation de mon état de l'art, ma vision sur l'intelligence artificielle s'enrichit. J'ai découvert que les outils d'IA ne se limitent pas à la représentation visuelle, mais qu'ils interviennent dans toutes les étapes de la conception. Cependant, l'utilisation d'outils d'IA pour exploiter ces avantages en fait un outil important pour aider les étudiants à développer leurs compétences en conception architecturale. De cette réflexion est née ma problématique de recherche, formulée comme suit :

Quelles compétences sont améliorées et développées par l'utilisation des outils de l'IA générative dans l'enseignement du projet architectural, et lesquelles risquent d'être négligées ou de perdre en importance ?

3.2. Hypothèses :

Pour répondre à cette problématique deux hypothèses ont été posées :

1. L'utilisation de l'IA générative dans les écoles d'architecture permet aux étudiants d'accélérer le processus de conception tout en élargissant leur imagination et d'améliorer la qualité de leurs projets en générant des variantes optimisées.
2. L'utilisation de l'IA générative dans les écoles d'architecture limite l'esprit critique des étudiants, réduit leur l'autonomie et l'originalité de leurs projets, et les enferme dans une forme de standardisation.

4. Méthode de recherche

4.1. Description de la méthode de recherche :

Avant de définir ma propre méthodologie, il m'a semblé nécessaire d'étudier les approches adoptées par d'autres chercheurs qui travaillent à l'intégration de l'intelligence artificielle dans l'enseignement de l'architecture. Des approches diversifiées sont impliquées pour aborder ce sujet.

Commençant par l'article « Améliorer l'enseignement de l'architecture grâce à l'intelligence artificielle _ étude de cas d'un cours de programmation et de conception architecturale assistée par l'IA », par Shitao Jin et son groupe. Dans le cadre de cette étude, les chercheurs ont réalisé une analyse approfondie des recherches existantes en s'appuyant sur des revues de la littérature et en citant des articles scientifiques, des livres et des rapports sur l'enseignement de l'architecture et l'intégration de l'intelligence artificielle. Par la suite, ont créé un cours de formation intégrant l'intelligence artificielle, qui a été présenté à l'Université Tongji de Shanghai et auquel ont participé 24 étudiants de différents pays. Ce cours de 9 semaines a testé un modèle d'apprentissage qui intègre l'IA dans l'apprentissage de la conception architecturale.

Ces chercheurs ont ensuite utilisé deux méthodes de recherche mixtes combinant méthodes quantitatives et qualitatives : Deux questionnaires ont été distribués aux étudiants, utilisant une échelle de Likert pour évaluer la perception des étudiants quant à la facilité d'utilisation et l'attitude envers l'IA. Des entretiens semi-structurés ont ensuite été menés avec deux enseignants et dix étudiants pour approfondir leur perception de l'IA.

Enfin, Les données des questionnaires ont été analysées statistiquement (tests de fiabilité, analyse de corrélation, régression linéaire). Les données des entretiens ont été analysées thématiquement à l'aide du logiciel NVivo.

Et puis, dans l'article « L'IA dans la pédagogie en architecture, fondations, références, horizons » par LESCOP Laurent et MANGASARYAN Arpi. Dans cette étude, les auteurs utilisent une démarche qui combine entre quatre méthodes.

Tout d'abord, ils ont effectué une analyse historique approfondie en s'appuyant sur une revue de littérature. Ils explorent des ouvrages et articles qui traitent de l'histoire des innovations technologiques et leur impact sur l'art et l'architecture.

Ensuite, ils ont appliqué une observation sur les tendances actuelles en mettant en avant des outils tels que ChatGPT, Dall-E, et Midjourney, et soulignent leur impact rapide sur la société et le monde artistique. Ils ont ensuite proposé une classification des applications de l'IA en architecture. Ils examinent un grand nombre d'applications et de plateformes, identifiant leurs fonctionnalités, leurs avantages et leurs limites.

Enfin, les auteurs abordent les expériences pédagogiques et les observations empiriques, notamment les premières tentatives d'introduction de l'IA dans l'enseignement de l'architecture à l'ENSA Nantes. Ils s'appuient également sur des évaluations qualitatives

menées auprès des étudiants pour analyser leur perception de l'IA et son impact sur leur apprentissage.

C'est en m'appuyant sur les méthodologies de ces exemples que j'ai choisi de construire ma propre démarche, également fondée sur une méthodologie mixte combinant approches qualitatives et quantitatives, afin de répondre à la problématique de recherche et vérifier mes hypothèses. Cette combinaison me permet d'analyser à la fois les Interactions des étudiants à travers une enquête par questionnaire, et les retours critiques des enseignants, à travers des entretiens, afin de relier les deux perspectives et d'apporter une réponse raisonnable à mes hypothèses.

4.1.1 Méthode qualitative :

La partie qualitative de ma méthodologie repose sur deux entretiens semi-directifs menés auprès d'enseignants de l'École nationale supérieure d'architecture de Paris-La Villette. Ces deux enseignants ont été sélectionnés car ils expérimentent déjà l'intégration d'outils d'IA générative dans leur atelier de projet, ce qui les place dans une position privilégiée pour analyser et démontrer les transformations pédagogiques que ces outils apportent.

Les entretiens ont pour but de recueillir des éléments précis sur :

- La structure des cours de projet utilisant l'IA générative.
- L'approche d'encadrement utilisée par les enseignants pour intégrer ces outils aux ateliers.
- Les types d'outils numériques et génératifs mis à la disposition des étudiants.
- Les phases du projet (recherche des concepts, analyse de site, générer des esquisses, des plans, des 3D et rendus).
- Les observations pédagogiques sur l'attitude des étudiants face à l'IA : leurs capacités d'analyse, leurs réactions ou leur dépendance potentielle à l'outil.
- Les critères d'évaluation privilégiés par les enseignants.

Dans ces entretiens, une attention particulière est portée à la nature des interactions entre enseignants et étudiants, ainsi qu'à la manière dont les enseignants évaluent les projets des étudiants développés à l'aide de l'intelligence artificielle ce qui permet de mieux comprendre le rôle de l'enseignant comme l'instrument d'évaluation des compétences, et de questionner sa capacité à discerner l'influence de l'IA sur les productions et les postures des étudiants.

Les entretiens seront retranscrits et soumis à une analyse thématique. Les résultats recueillis seront examinés afin d'en extraire des mots-clés importants liés aux usages de l'IA générative, aux approches pédagogiques et à la perception de son impact sur le développement des compétences. Ces éléments seront ensuite regroupés selon quatre grandes catégories analytiques, directement liées aux compétences évaluées lors des ateliers de projet :

- **Autonomie dans la gestion de projet** : capacité de l'étudiant à prendre des décisions, à organiser son travail et à s'affranchir des suggestions automatiques de l'IA.

- **Esprit critique face aux suggestions générées par l'IA** : capacité à analyser, remettre en question ou recadrer le contenu produit par les outils génératifs.
- **Originalité des productions** : capacité à produire des projets uniques et atypiques reflétant une intention ou un positionnement personnel clair.
- **Innovation dans les méthodes de conception** : capacité à expérimenter de nouvelles méthodes, à diversifier ou enrichir les outils numériques et à proposer des approches créatives adaptées aux enjeux du projet.

Cette analyse thématique permet de comparer les observations des deux enseignants et de les confronter aux hypothèses de recherche.

4.1.2 Méthode quantitative :

La deuxième partie de la méthodologie repose sur un questionnaire en ligne adressé aux étudiants en architecture inscrits dans l'Ecole Nationale Supérieure de Paris-La Villette (ENSA PLV). Cette enquête s'adresse aux étudiants de Licence et de Master, qu'ils utilisent des outils d'IA générative dans le cadre de leur formation.

Le questionnaire est limité aux ateliers de projet, cœur de la formation en architecture, et exclut volontairement les cours théoriques pour se concentrer sur les processus de conception. L'objectif est d'identifier les pratiques actuelles, de mesurer le degré d'utilisation de ces outils dans les ateliers de projet et de recueillir les perceptions des étudiants quant à leur impact sur les compétences développées.

Le questionnaire comprend 15 questions de trois types : des questions ouvertes permettant aux étudiants d'exprimer librement leur expérience, des questions à choix multiples fermées et une échelle de Likert. Il vise notamment à :

- Identifier les logiciels et plateformes utilisés.
- Comprendre dans quelles phases du projet où l'IA est utilisée (recherche d'inspiration, dessin, plans, analyse de site).
- Étudier la manière dont les étudiants traitent-ils les résultats de l'IA : sont-ils utilisés sans modification, utilisés comme référence ou retravaillés à l'aide d'autres logiciels ?
- Recueillir les perceptions des étudiants sur les avantages et les inconvénients de l'IA dans le développement de leurs compétences : gain de temps, degré d'indépendance ou de dépendance aux outils et abandon potentiel des méthodes de représentation traditionnelles.

Les thématiques abordés dans le questionnaire sont organisés autour des mêmes catégories analytiques mentionnées précédemment dans la méthode qualitative : Autonomie dans la gestion de projet, esprit critique face aux suggestions générées par l'IA, originalité des productions et Innovation dans les approches de conception.

L'intérêt de cette approche se présente dans la comparaison des points de vue des enseignants recueillis lors des entretiens avec les expériences vécues par les étudiants.

4.2. Grille d'analyse :

Cette méthodologie mixte, qui combine des données issues du questionnaire auprès des étudiants et des entretiens avec les enseignants, nous conduit à rencontrer plusieurs situations.

Si l'enseignant n'a pas l'intention d'enseigner une compétence particulière, cela signifie qu'il y a peu de chances qu'il transmette cette compétence à ses étudiants. Mais, si les étudiants parlent de cette compétence et ont le sentiment de l'avoir acquise, il est probable que ce n'est pas grâce à l'enseignant qu'ils l'ont acquise. Aussi, si l'enseignant parle d'une compétence particulière et pense pouvoir la développer à travers son cours, mais qu'aucun étudiant ne la mentionne, nous pouvons dire que cette compétence n'est pas transmise grâce à l'intelligence artificielle, car les étudiants n'en ont pas parlé. D'autre part, si l'enseignant ignore l'existence d'une compétence et que les étudiants en parlent, nous pouvons dire que cela n'est peut-être pas grâce à l'enseignant ou à ses méthodes pédagogiques, mais plutôt à l'utilisation de l'intelligence artificielle.

Donc l'analyse de ses données s'appuiera sur une approche croisée qui vise à confronter les points de vue des enseignants et des étudiants sur les mêmes compétences. Cela nous permettra de déterminer la présence ou l'absence de ces compétences dans leur discours et de comprendre les différences et les similitudes dans ce qu'ils disent sur ces compétences, qu'elles aient été transmises par les enseignants aux étudiants ou acquises grâce à l'utilisation de l'intelligence artificielle générative.

Ensuite une grille croisée est établie, elle est composée de trois colonnes : une colonne pour les enseignants, une autre pour les étudiants et une dernière pour le résultat de l'interprétation. Dans chaque colonne, la présence d'une compétence est indiquée par un cercle « O », et son absence par une croix « X ». Cette grille permet de déterminer si les enseignants, les étudiants, les deux ou aucun des deux, ont mentionné ou non chaque compétence étudiée. L'objectif n'est pas simplement de mesurer si une compétence est mentionnée ou non, mais de comprendre ce que révèle cette présence ou cette absence.

Compétence	Enseignants	Etudiants	Résultat
Autonomie	« X » ou « O »	« X » ou « O »	« X » ou « O »
Esprit critique	« X » ou « O »	« X » ou « O »	« X » ou « O »
Originalité	« X » ou « O »	« X » ou « O »	« X » ou « O »
Innovation	« X » ou « O »	« X » ou « O »	« X » ou « O »

À partir de cette grille, quatre scénarios d'interprétation logique ont été définis, en fonction des différentes combinaisons possibles entre le discours des enseignants et des étudiants. Ces scénarios permettent d'établir un lien entre l'intention pédagogique des enseignants (ce qu'ils cherchent à transmettre) et la perception des étudiants (ce qu'ils rapportent avoir compris ou développé à travers leur interaction avec l'IA générative).

Scénario 1 : Enseignant « O » - Étudiant « O » (similitude) :

Dans ce scénario, la compétence est mentionnée à la fois par les enseignants et par les étudiants. Ce croisement reflète un état d'accord entre les deux acteurs : la compétence est reconnue et clairement définie.

Cela peut indiquer que la pédagogie mise en place intègre efficacement cette compétence, et que l'intelligence artificielle contribue simplement à développer cette compétence en donnant aux étudiants des outils concrets à utiliser.

Scénario 2 : Enseignant « O » - Étudiant « X » (différence) :

Dans ce scénario, l'enseignant exprime son intention de transmettre ou de développer une compétence, mais les étudiants ne la mentionnent pas, ce qui explique qu'ils ne la perçoivent pas ou ne la comprennent pas.

Cela peut refléter le fait que les étudiants se concentrent davantage sur l'obtention de résultats à l'aide de l'IA que sur l'apprentissage lui-même, et que cette concentration l'emporte sur la compétence ou elle est traitée de manière implicite.

Scénario 3 : Enseignant « X » - Étudiant « O » (différence) :

Ce scénario montre que l'enseignant ne mentionne pas la compétence, et elle n'est pas perçue comme transmise par son cours, mais elle est présente chez les étudiants et ils la décrivent dans leurs réponses.

Dans ce cas, la compétence peut être développée grâce à l'expérience individuelle de l'étudiants ou acquise directement à l'aide de l'intelligence artificielle lors de l'utilisation de ces outils. Donc cela signifie que la source de la compétence se situe en dehors de la pédagogie de l'enseignant.

Scénario 4 : Enseignant « X » - Étudiant « X » (similitude) :

Le dernier scénario, la compétence n'est pas mentionnée ni par les enseignants ni par les étudiants.

La compétence peut ne pas être considérée comme pertinente dans ce scénario ou ne pas être directement affectée par l'utilisation de l'IA générative. Il peut également s'agir d'une compétence qui n'a pas été abordée par les enseignants et les étudiants (les deux parties).

4.3. Questionnaires :

4.3.1 Questionnaire d'enquête en ligne (étudiants)

Le questionnaire en ligne s'adresse aux étudiants dans le but de collecter des données quantifiables et de comprendre leurs pratiques et leurs perceptions lorsqu'ils utilisent l'intelligence artificielle générative.

Ce questionnaire combine deux types de questions : des questions à choix multiples et des questions ouvertes. Dans ces dernières, j'ai essayé d'éviter les questions directes afin de ne pas orienter les réponses ou influencer les étudiants. De plus, les questions ne mentionnent pas le nom exact de la compétence (autonomie, pensée critique, originalité, innovation), mais se concentrent plutôt sur les pratiques concrètes et les perceptions. Chaque question est liée à l'une des quatre compétences de la grille d'analyse.

Le tableau suivant illustre la relation entre chacune des compétences étudiées et les questions qui permettent de les analyser.

Compétences	Questions
Autonomie dans la gestion de projet	Lorsque vous utilisez l'IA en projet, à quel point vous appuyez-vous sur ses propositions ? <ul style="list-style-type: none">- Un peu- Beaucoup- Entièrement
	L'IA a-t-elle modifié votre manière de travailler en projet (organisation, rythme) ? <ul style="list-style-type: none">- Pas du tout- Un peu- Beaucoup- Énormément Pouvez-vous préciser comment ?
	Comment l'utilisation de l'IA a impacté le temps dans la conception de votre projet ? <ul style="list-style-type: none">- A réduit considérablement le temps- Pas d'impact significatif- A augmenté le temps
	Comment prenez-vous vos décisions face aux résultats générés par l'IA ? <ul style="list-style-type: none">- Je choisis rapidement une proposition- Je compare plusieurs résultats avant de décider

Esprit critique	Comment décririez-vous votre manière de travailler avec les résultats générés par l'IA ? <ul style="list-style-type: none"> - Je les accepte tels quels - Je les modifie légèrement - Je les retravaille profondément
	Peux-tu donner un exemple où tu as refusé ou modifié une proposition générée par l'IA, et pourquoi ?
	Pouvez-vous décrire une situation où l'IA vous a limité ou contraint dans votre démarche de conception ?
Originalité du projet	Peux-tu expliquer comment tu retravailles les résultats ou propositions d'IA ?
	Selon vous, vos projets où vous avez utilisé l'IA : <ul style="list-style-type: none"> - Prennent bien en compte le contexte - Sont plutôt génériques
	Comparés à vos projets sans IA, vos projets avec IA vous paraissent : <ul style="list-style-type: none"> - Exprimer mieux vos idées - Exprimer moins vos idées - Pas de différence
Innovation dans les méthodes de conception	À quelles étapes de la conception de vos projets architecturaux utilisez-vous l'IA générative ? <ul style="list-style-type: none"> - Recherche de concepts /idées - Analyse de site - Génération d'esquisses - Génération de plans - Génération de rendus visuels / images finales
	L'utilisation de l'IA dans vos projets vous a-t-elle permis d'explorer des pistes que vous n'auriez probablement pas envisagées autrement ?
	Pouvez-vous décrire une situation où l'IA vous a réellement aidé à enrichir votre projet ?

4.3.2 Questionnaire des entretiens (enseignants)

Le questionnaire d'entretien est adressé à deux enseignants de l'École Nationale d'Architecture de Paris-La Villette qui utilisent des outils d'IA générative dans leurs cours. Ce questionnaire est conçu pour recueillir des données qualitatives sur le jugement pédagogique et professionnelle des enseignants concernant l'utilisation de l'IA générative dans la conception des projets.

Dans la même logique que j'ai utilisé pour le questionnaire en ligne, les questions sont formulées d'une manière indirecte et neutres pour permettre à l'enseignant de décrire librement ses observations, ses pratiques et ses échanges avec ses étudiants. De plus, les questions ne mentionnent pas le nom exact de la compétence (autonomie, pensée critique, originalité, innovation), mais se concentrent plutôt sur les pratiques concrètes et les perceptions. Chaque question est liée à l'une des quatre compétences de la grille d'analyse.

En suivant cette logique, le tableau suivant illustre la relation entre chacune des compétences étudiées et les questions qui permettent de les analyser.

Compétences	Questions
Autonomie dans la gestion de projet	Comment vos étudiants organisent-ils leur travail lorsqu'ils utilisent les outils l'IA ?
	Qu'est-ce qui change, selon vous, dans leur manière de gérer le projet par rapport à des étudiants qui n'utilisent pas l'IA ?
Esprit critique	Comment vos étudiants interagissent-ils avec les résultats générés par l'IA, et avez-vous remarqué une différence dans la manière dont ces résultats sont utilisés ?
	Pouvez-vous me raconter une situation qui vous a marqué ?
	Comment vos étudiants expliquent et justifient-ils leurs choix conceptuels lors des corrections ?
Originalité du projet	Dans vos corrections, y a-t-il des caractéristiques communes ou au contraire des différences marquées que vous remarquez entre les projets de vos étudiants ?
	Comment décririez-vous les projets de vos étudiants, si vous les comparez entre eux ?
	Pouvez-vous me donner un exemple d'un projet qui vous a semblé se démarquer par rapport aux autres ?
	Lors des corrections des projets de vos étudiants, comment apparaît la question du contexte (site, climat, orientation, usages) dans les propositions issues de l'IA ?

Innovation dans les méthodes de conception	Selon vous, comment l'IA contribue-t-elle, à enrichir les démarches de conception dans votre atelier ?
	Avez-vous remarqué des situations où l'IA a permis à un étudiant d'explorer des pistes qu'il n'aurait pas imaginées sans l'outil ?
	De quelle manière l'IA vous semble-t-elle aider à produire des solutions plus optimisées ? Auriez-vous un exemple à partager ?

Update du questionnaire des entretiens

Après avoir effectué mon premier entretien avec l'un des enseignants en utilisant le questionnaire présenté dans le tableau précédant, j'ai constaté que les réponses obtenues n'étaient pas suffisantes et ne me permettaient pas d'atteindre les objectifs de ma recherche.

J'ai remarqué que certaines questions étaient formulées de manière générale et ne répondaient pas clairement à mes attentes. D'autres questions portaient sur l'opinion personnelle de l'enseignant que sur ses observations concrètes concernant les pratiques des étudiants. Enfin, certaines questions n'étaient pas appropriées pour être posées aux enseignants, car elles exigeaient une connaissance sur le comportement de l'étudiant, et dans ce cas, que l'étudiant pouvait répondre. Suite à cette première expérience, j'ai corrigé toutes les questions.

Compétences	Questions
Autonomie dans la gestion de projet	Lorsque vos étudiants utilisent les outils d'IA, sont-ils plus susceptibles d'avancer seul dans leurs projets ou continuent-ils à solliciter autant votre accompagnement ?
	Avez-vous constaté une différence dans le rythme de travail ou dans le temps qu'ils mettent pour résoudre les problèmes de leurs projets après ces corrections ?
Esprit critique	Comment vos étudiants exploitent-ils les propositions obtenues grâce à l'IA ? Les retravaillent-ils, les remettent-ils en question ou les utilisent-ils directement ?
	Comment vos étudiants expliquent et justifient-ils leurs choix conceptuels lors des corrections ?
	Puisque vous avez déjà encadré des ateliers de projet sans utiliser l'IA, et que vous l'utilisez maintenant dans vos cours. En comparant ces deux expériences, quelles différences concrètes observez-vous dans la méthode de travail de vos étudiants ?

Originalité du projet	Lors des corrections, observez-vous des caractéristiques communes entre les projets dans leur approche conceptuelle, leurs formes architecturales ou les représentations produites ? Ou au contraire, chaque étudiant parvient-il à développer une expression personnelle ?
	Lors des corrections, comment la question du contexte (site, climat, orientation, usages) est-elle prise en compte dans les projets conçus à l'aide d'outils d'IA générative ?
	Pouvez-vous me donner un exemple d'un projet qui vous a semblé se démarquer par rapport aux autres ?
Innovation dans les méthodes de conception	Dans votre atelier, quelles sont les choses que les étudiants font aujourd'hui dans le processus de conception grâce à l'IA et qu'ils ne pouvaient pas faire auparavant ?
	Dans votre atelier, comment l'IA contribue-t-elle à améliorer la performance des projets ? Agit-elle directement sur la conception, ou aide-t-elle les étudiants à mieux comprendre et utiliser des outils techniques, tels que la simulation énergétique ?

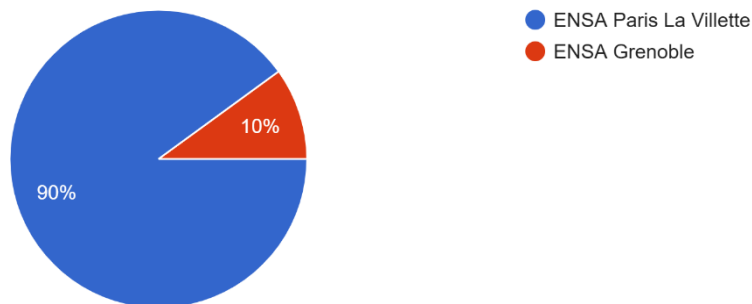
5. Présentation des résultats

5.1. Résultats issus du questionnaire :

5.1.1. Profil des répondants :

Dans quelle école êtes-vous inscrit(e) ?

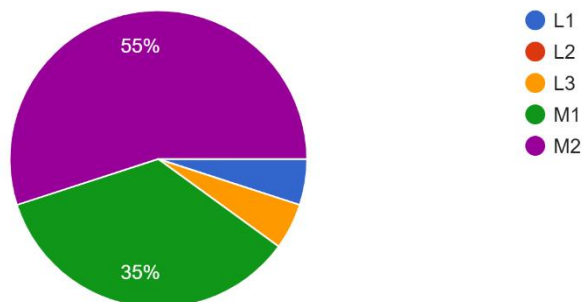
20 réponses



Figures 07. Répartition des répondants selon l'école d'inscription. (Auteur).

Année d'études

20 réponses



Figures 08. Répartition des répondants selon l'année d'études. (Auteur).

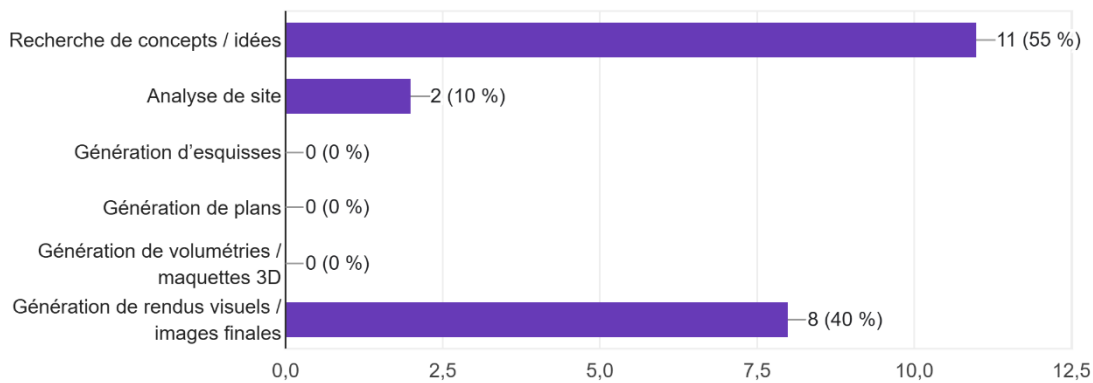
Le questionnaire a été diffusé auprès d'étudiants inscrits dans deux Écoles nationales supérieures d'architecture en France : l'ENSA Paris-La Villette et l'ENSA de Grenoble. Parmi les répondants, 90 % sont inscrits à l'ENSA Paris-La Villette et 10 % à l'ENSA de Grenoble.

La majorité des participants appartiennent au cycle de master, avec 55 % inscrits en Master 2 et 35 % en Master 1. Les étudiants de licence représentent 10 % de l'échantillon : 5 % en L1, 5 % en L3 et aucun répondant en L2.

Cette répartition permet d'analyser les perceptions d'étudiants ayant déjà développés une certaine expérience dans leur processus de conception architecturale.

5.1.2. Les étapes du projet où les étudiants utilisent l'IA :

À quelles étapes de la conception de vos projets architecturaux utilisez-vous l'IA générative ?
20 réponses



Figures 09. Étapes du processus de conception dans lesquelles les étudiants utilisent l'IA générative. (Auteur).

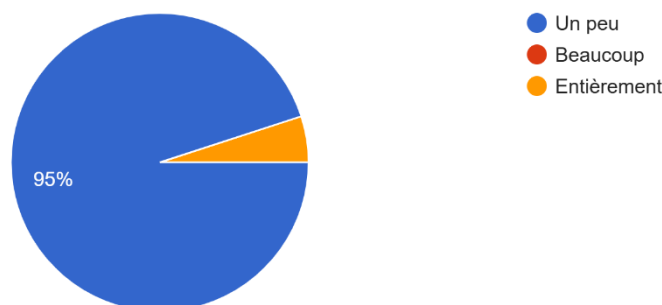
Les résultats indiquent que l'utilisation de l'IA générative se concentre aux deux extrémités du processus de conception. La phase de génération de concepts et d'idées est la plus concernée, puisqu'elle est utilisée par 55 % des répondants. À l'autre extrémité du processus, la génération de présentations visuelles et d'images finales représente la deuxième utilisation principale avec 40 % de l'échantillon.

En revanche, les étapes intermédiaires semblent être complètement négligées par ces outils : aucun étudiant n'utilise l'intelligence artificielle pour générer des esquisses, des plans ou des maquettes 3D et des volumes (0 %).

Enfin, l'analyse de site reste une utilisation marginale, puisqu'elle est pratiquée que par 10 % des participants.

5.1.3. Le niveau d'appui sur les propositions générées par l'IA :

Lorsque vous utilisez l'IA en projet, à quel point vous appuyez-vous sur ses propositions ?
20 réponses



Figures 10. Degré d'appui des étudiants sur les propositions de l'IA dans leurs projets. (Auteur).

Les données recueillies montrent que la majorité des personnes interrogées (95 %) ont déclaré s'appuyer « Un peu » sur les propositions générées par l'IA, tout en conservant une distance critique.

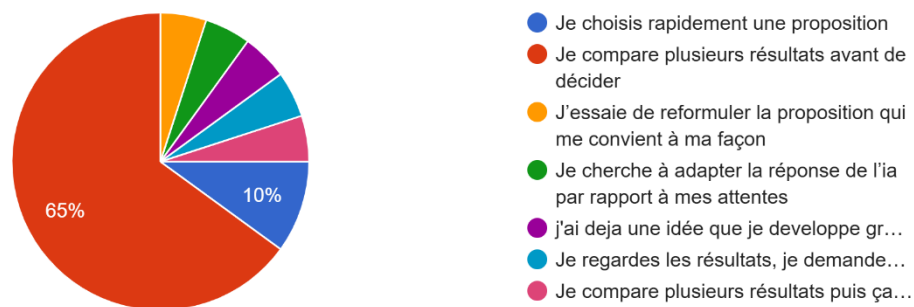
Les 5 % restants ont indiqué qu'ils s'appuyaient « Entièrement » sur ces propositions, tandis qu'aucun étudiant (0 %) n'a déclaré s'y appuyer « Beaucoup ».

Cette répartition montre peut-être que l'IA est considérée comme un outil d'aide ou de soutien à la réflexion.

5.1.4. La prise de décisions face aux résultats générés par l'IA :

Comment prenez-vous vos décisions face aux résultats générés par l'IA ?

20 réponses



Figures 11. Stratégies de décision des étudiants face aux résultats générés par l'IA. (Auteur).

Les réponses montrent que la majorité des étudiants, lorsqu'ils sont confrontés à des résultats générés par l'intelligence artificielle, adoptent une approche comparative.

65 % des participants ont déclaré comparer plusieurs résultats avant de prendre une décision, tandis que 10 % ont déclaré choisir rapidement une seule proposition.

Les 25 % restants ont décrit des pratiques plus spécifiques. Certains expliquent qu'ils préfèrent reformuler ou clarifier leurs demandes afin d'obtenir un résultat plus satisfaisant : « *J'essaie de reformuler la proposition pour qu'elle me convienne.* » « *Je cherche à adapter la réponse de l'IA à mes attentes.* »

D'autres insistent enfin sur la nécessité de vérifier et croiser les informations fournies par l'outil :

« *Je regarde les résultats, je demande les références, je vérifie... La moitié du temps, ces références sont biaisées. Avec la dernière mise à jour, l'IA fait parfois n'importe quoi. Je retourne donc au centre de documentation.* »

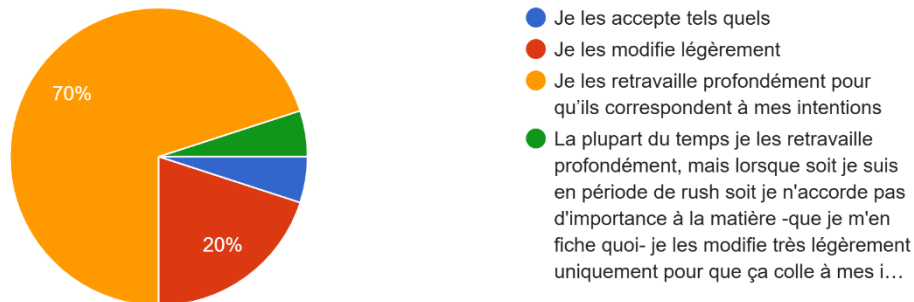
Pour certains enfin, la comparaison des résultats générés constitue avant tout un support de réflexion :

« *Je compare plusieurs résultats ; ça me donne des idées, et en général ce sont ces idées que je choisis.* »

5.1.5. La manière de retravailler les résultats générés par l'IA :

Comment décririez vous votre manière de travailler avec les résultats générés par l'IA ?

20 réponses



Figures 12. Manière dont les étudiants retravaillent les résultats générés par l'IA. (Auteur).

La plupart des étudiants ont déclaré retravailler les résultats générés par l'IA afin de les adapter à leurs intentions de projet.

70 % ont indiqué qu'ils retravaillent en profondeur les propositions générées, tandis que 20 % n'apportent que des modifications légères. Seuls 5 % ont déclaré accepter les résultats tels quels, sans aucune modification particulière.

Enfin, 5 % ont décrit une approche plus spécifique, consistant à adapter les propositions en fonction du contexte :

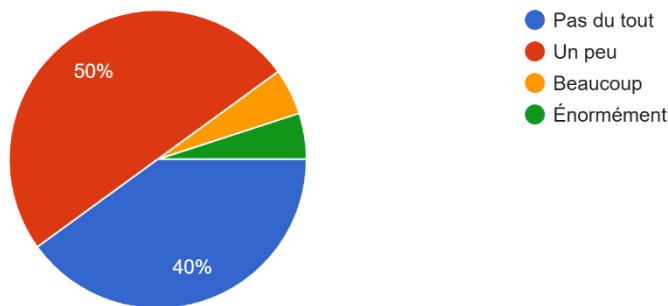
« La plupart du temps je les retravaille profondément, mais lorsque soit je suis en période de rush soit je n'accorde pas d'importance à la matière -que je m'en fiche quoi- je les modifie très légèrement uniquement pour que ça colle à mes intentions de base et que les profs ne se rendent pas compte que c'est d'une IA. »

5.1.6. L'influence de l'IA sur le travail de projet des étudiants :

Cette partie traite la manière dont l'utilisation des outils d'intelligence artificielle intervient dans le travail de projet des étudiants, notamment dans la conception architecturale. Elle aborde quatre points :

Premièrement, la possibilité de l'intelligence artificielle à modifier les méthodes de travail des étudiants dans leurs projets (organisation, rythme de travail) :

L'IA a-t-elle modifié votre manière de travailler en projet (organisation, rythme, outils utilisés) ?
20 réponses



Figures 13. Effet de l'IA sur la manière de travailler en projet. (Auteur).

Les réponses à cette question montrent que l'utilisation des outils d'intelligence artificielle a modifié, à des degrés variables, la manière de travailler de plus de la moitié des étudiants participants.

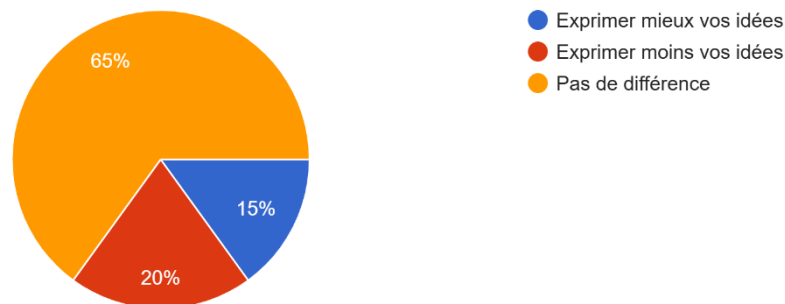
50 % des participants ont déclaré que leur façon de travailler avait « Un peu » changé, tandis que 5 % ont estimé qu'elle avait « Beaucoup » changé et 5 % qu'elle avait « Enormément » changé.

En revanche, 40 % ont estimé que l'intelligence artificielle n'avait pas changé leur façon de travailler sur leurs projets.

Dans les réponses ouvertes à la question « Pouvez-vous préciser comment ? », de nombreux étudiants ont indiqué qu'ils utilisaient principalement l'IA dans les premières phases du projet, afin d'explorer rapidement différentes pistes, d'organiser leurs idées ou de tester différentes variantes.

Deuxièmement, la capacité de l'IA dans l'expression des idées :

Comparés à vos projets réalisés sans IA, vos projets où vous avez utilisé l'IA vous paraissent :
20 réponses



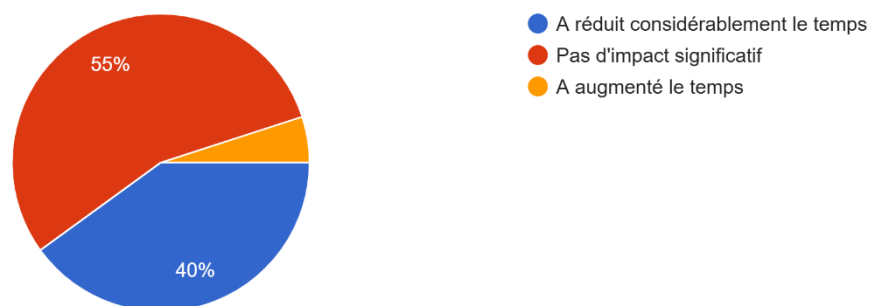
Figures 14. Perception des étudiants de la qualité de leurs projets avec ou sans IA. (Auteur).

La majorité des résultats ont montré que l'intelligence artificielle ne contribue pas de manière significative à la capacité des étudiants à mieux exprimer les idées de leurs projets.

Par rapport aux projets réalisés sans IA, 15 % des participants ont estimé que l'IA leur avait permis de mieux exprimer leurs intentions, tandis que 20 % ont déclaré avoir moins bien exprimé leurs idées. Cependant, la majorité des étudiants (65 %) ont estimé que l'utilisation de l'IA n'avait aucune différence sur leur capacité à exprimer les intentions de leurs projets.

Troisièmement, les effets de l'intelligence artificielle sur le temps de travail :

Comment l'utilisation de l'IA elle impacté le temps dans la conception de votre projet ?
20 réponses



Figures 15. Effet de l'IA sur la durée du processus de conception. (Auteur).

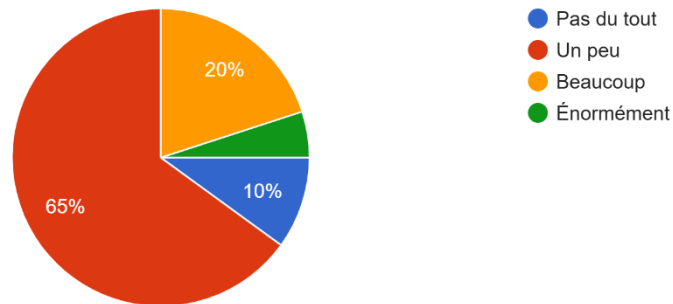
Les résultats montrent que l'utilisation de l'IA ne modifie pas le temps consacré à la conception de projets par la majorité des étudiants.

55 % des participants ont estimé que l'IA n'avait pas eu « d'impact significatif » sur la durée de leur travail. En revanche, 40 % d'entre eux ont déclaré qu'elle avait réduit le temps nécessaire à la réalisation de certaines tâches. Enfin, 5 % des étudiants ont estimé que l'intelligence artificielle avait augmenté leur temps de travail.

Enfin, la contribution de l'intelligence artificielle à l'exploration de nouvelles pistes de conception :

L'utilisation de l'IA dans vos projets vous a-t-elle permis d'explorer des pistes que vous n'auriez probablement pas envisagées autrement ?

20 réponses



Figures 16. Contribution de l'IA à l'exploration de nouvelles pistes de conception (Auteur).

Les résultats montrent que l'IA contribue à des degrés divers ouvrir de nouvelles pistes professionnelles pour la majorité des étudiants.

La majorité des participants (65 %) ont déclaré que l'intelligence artificielle leur avait permis d'explorer « Un peu » de nouvelles pistes, tandis que 20 % des répondants ont estimé que cet outil leur avait ouvert « Beaucoup » de nouvelles possibilités, et 5 % ont même jugé sa contribution « Enorme ».

En revanche, seuls 10 % des étudiants ont estimé que l'intelligence artificielle ne leur avait pas permis d'envisager des solutions différentes de celles auxquelles ils seraient parvenus sans cet outil.

Les réponses ouvertes à la deuxième partie de la question « Pouvez-vous donner un exemple ou expliquer comment ? », aident à comprendre comment l'IA contribue à explorer de nouvelles pistes et possibilités. Certains étudiants soulignent la capacité de l'outil à proposer des formes ou des géométries difficiles à imaginer seul :

« Des formes ou design que je n'avais pas pensé. »
« Elle m'a permis de sortir de ma zone de confort, d'envisager des formes plus organiques, moins intuitives... »

D'autres soulignent que l'IA élargit le champ de réflexion en proposant des références auxquelles ils n'auraient pas pensé :

« L'IA permet une vision beaucoup plus large, et permet une réflexion plus poussée sur certains sujets qui peuvent nous paraître secondaires. »

Enfin, quelques étudiants mentionnent également les contributions techniques, notamment dans la compréhension de la structure du projet :

« Tout un calcul de structure que je n'aurai pas fait sans l'aide de L'IA. »

5.1.7. Regard des enseignants :

Comment les enseignants perçoivent ils l'utilisation de l'IA générative dans vos projets ?

20 réponses



Figures 17. Perception des enseignants vis-à-vis de l'utilisation de l'IA générative, selon les étudiants. (Auteur).

Les réponses indiquent que les enseignants ont des opinions divergentes sur l'intelligence artificielle.

5 % des étudiants ont indiqué que l'utilisation de l'IA est encouragée par les enseignants, à condition qu'elle reste raisonnée. 25 % ont indiqué qu'ils toléraient cet outil, à condition qu'il ne remplace pas le travail personnel.

En revanche, 35 % des étudiants ont déclaré que certains enseignants critiquaient l'intelligence artificielle, notamment lorsqu'ils estimaient qu'elle limite la réflexion personnelle de l'étudiant.

Le reste des étudiants ont donné des réponses variées. Certains (15 %) ont expliqué que l'acceptation de l'intelligence artificielle dépendait du professeur ou du type de cours, tandis que 5 % ont indiqué que son utilisation était strictement interdite dans certains ateliers. Enfin, 5 % ont déclaré ne pas avoir d'opinion ou ne pas avoir présenté de projet reposant sur l'IA.

Ces résultats indiquent donc que l'IA n'est pas totalement rejetée, mais qu'elle est souvent acceptée ou tolérée tant qu'elle est utilisée de manière critique.

5.2. Résultats issus des entretiens

Afin de comprendre les méthodes d'intégration de l'IA générative dans les ateliers de projet et leur influence sur les méthodes de conception des étudiants, j'ai consacré cette partie à la présentation de l'enseignement de l'atelier de projet présenté par les deux enseignants interrogés.

5.2.1. Présentation de l'enseignement de l'atelier de projet de l'Enseignant 1 :

La première expérience concrète de l'Enseignant 1 avec les outils d'IA générative dans son enseignement a été dans un atelier destiné aux étudiants en Master pour l'année universitaire 2024-2025. L'enseignant a proposé ces outils dès les premières étapes du projet afin de relier celui-ci aux mécanismes informatiques contemporains.

Le premier cours consiste en une présentation du logiciel « Stable Diffusion », est organisée par une enseignante spécialisée, ce qui permet aux étudiants de se familiariser avec les principes de la génération d'images. Après cette introduction, l'enseignant propose le premier exercice qui consiste à produire une image d'une maison de vacances « Bungalow » à partir d'un prompt qui intègre la dimension paysagère. Donc, les étudiants doivent rédiger une phrase générative précise, qui décrit à la fois l'architecture et son intégration dans le site.

L'enseignant considère le prompt comme un élément central du projet car il constitue à la fois un outil de conception, un support de réflexion et un élément de présentation. Les étudiants développent progressivement leurs formulations pour produire plusieurs variantes du projet, ce qui leur permet de générer des images fortes et des idées architecturales claires dès la première semaine.

Après cette première phase de production d'images, les étudiants doivent transformer les images générées en projets architecturaux constructibles. Ils doivent créer des maquettes physiques à partir des images obtenues, puis les numériser afin de produire des nuages de points qui peuvent être utilisés dans des logiciels de modélisation tels que « Rhino » pour créer une maquette numérique leur permettant d'obtenir des plans et des coupes.

De plus, les étudiants continuent d'utiliser ces outils tout au long du processus de conception. Ils ont par exemple utilisé « ChatGPT » pour effectuer des calculs structurels et intégrer des données contextuelles et climatiques, et « Krea » pour développer les enveloppes et les systèmes de bardage.

L'objectif de ce travail est de rendre le projet progressivement réalisable, en passant d'une représentation visuelle à une proposition architecturale cohérente et construite. Selon l'enseignant, ce travail fait partie d'une approche analytique rétrospective, qui consiste à étudier une image créée afin d'en dégager une logique spatiale, structurelle et technique.

Dans le cadre de cet atelier, l'enseignant souligne les limites de l'IA générative, notamment la tendance à produire des images similaires et standardisées, et indique que le défi

pédagogique de cet atelier réside dans la capacité des étudiants à dépasser ces premières productions. Il précise également que le critère d'évaluation repose sur l'aptitude des étudiants à questionner, retravailler et enrichir leurs propositions à chaque étape du projet.



Figures 18. Modélisation 3D de la structure du projet réalisée à partir de données issues de ChatGPT. (Alice MESNARD, 2024).



Figures 19. Propositions de bardage bois générées à l'aide de l'IA (Krea) pour la conception de l'enveloppe. (Alice MESNARD, 2024).

5.2.2. Présentation de l'enseignement de l'atelier de projet de l'Enseignant 2 :

Le deuxième enseignant adopte une démarche différente en intégrant l'IA générative dans le cadre d'un exercice spécifique intitulé « Micro-fictions », destiné aux étudiants de troisième année Licence et qui se déroule sur deux semaines. Cet exercice se situe entre la phase d'analyse et la phase d'élaboration du scénario du projet urbain.

Dans le cadre de cet exercice, les étudiants doivent choisir un site et réaliser une intervention architecturale à petite échelle qui pourrait avoir un effet positif sur le site. L'objectif est de leur faire imaginer un futur proche, en développant une vision d'avenir sur les utilisations et les transformations possibles du site.

Les étudiants commencent par rédiger une « Micro-fictions », sous forme littéraire, sur une demi-page A4 sans recours à des outils d'IA générative pour la production du texte. Cette étape vise à préserver une phase d'élaboration personnelle du projet, fondée sur une réflexion individuelle et une formulation simple des intentions.

Ensuite, les étudiants élaborent des prompts à partir de ce texte afin de produire trois à quatre propositions visuelles, puis ils sont invités à analyser les écarts entre leurs intentions initiales et les images générées, ce qui les encourage à adopter une réflexion critique.

Par la suite, les étudiants sont invités à retravailler les images générées en prenant des anciennes photos de site et en créant des collages afin de réduire l'écart entre ce qu'ils avaient imaginé et ce qu'ils ont obtenu.

Dans cet exercice, les étudiants ne sont pas limités à des outils spécifiques et sont libres de choisir les outils qu'ils souhaitent utiliser, qui sont généralement disponibles sur les plateformes grand public. L'enseignant souligne que le défi ne réside pas dans la maîtrise technique des outils, mais dans l'utilisation critique de ces dispositifs numériques. Il insiste sur la nécessité d'utiliser ces outils comme aide à la prise de décision et pour améliorer le raisonnement des étudiants dans la conception des projets.

Concernant l'évaluation, l'enseignant souligne que les modalités n'ont pas été modifiées malgré l'introduction de l'IA. Les projets sont suivis régulièrement chaque semaine, et l'utilisation des outils numériques est évaluée au même titre que la pratique du dessin à la main. Cela permet d'observer comment chaque étudiant utilise différents moyens de représentation et de conception.

6. Analyse des résultats

6.1. L'autonomie :

Enseignant 1 :

Dans le premier entretien, la compétence d'autonomie n'a pas été explicitement mentionnée, mais l'enseignant a décrit une situation pédagogique directement liée à cette compétence. Il a distingué deux attitudes opposées concernant l'utilisation de l'intelligence artificielle.

D'un côté, il y a l'étudiant qui « accepte l'image comme résultat final » et la présente telle quelle. Dans ce cas, l'intelligence artificielle devient un simple outil de production graphique, et l'étudiant « subit » la responsabilité du résultat.

« Si l'étudiant prend le résultat image dès le début, l'accepte comme un résultat final et reste sur cette image : là, ça prouve que l'exercice n'est pas très intéressant. L'IA a juste servi à faire une image et l'étudiant a subi cette image. »

Donc, l'enseignant identifie ici le risque de dépendance si l'étudiant se contente de recevoir l'image brute sans la remettre en question.

D'un autre côté, il y a l'étudiant qui pose la question à chaque étape du projet et utilise l'intelligence artificielle pour s'interroger successivement sur la forme, la structure, la lumière et l'enveloppe. Dans ce cas, l'enseignant considère que le projet « progresse » réellement, chaque proposition générée devient un choix réfléchi plutôt que d'une simple répétition. L'enseignant apprécie particulièrement la capacité de l'étudiant à ne pas s'arrêter au premier résultat, mais à utiliser l'IA pour obtenir plus d'informations.

« On se dit qu'au moins, chaque étape a été interrogée avec cet outil-là, et donc ça a progressé. L'objet a progressé parce qu'il est devenu plus riche : il est constructible, il a une enveloppe, on sait s'il y a de la lumière, on sait si ça tient, on sait dans quel milieu il est. »

Selon l'enseignant le véritable travail de l'étudiant consiste à s'approprier ces propositions et à les transformer progressivement en un projet « réel » et « constructible » grâce à ses propres moyens techniques. Ce travail repose sur la capacité à « évaluer » le projet à chaque étape de son développement.

« Par contre, quand on voit que la question est reposée à chaque stade de construction du projet, et qu'à chaque fois il y a une réponse qui réinterroge le projet en intégrant l'IA, »

« C'est la capacité qu'a l'étudiant d'avoir posé à chaque fois des questions pertinentes pour faire évoluer son projet, pour le développer. »

Donc, pour l'enseignant, l'autonomie de l'étudiant ne se limite pas à travailler seul, mais elle concerne également la capacité de prendre des décisions, de diriger l'outil et de ne pas se soumettre à ses résultats.

Enseignant 2 :

Dans le deuxième entretien, j'ai commis une erreur en posant la question à l'enseignant et en ajoutant le mot « autonomie » à la fin de la question, c'est pourquoi l'enseignant a parlé ouvertement « d'autonomie ». La question était la suivante : « *Avez-vous constaté une différence dans le rythme de travail ou dans le temps qu'ils mettent pour résoudre les problèmes de leurs projets après ces corrections, en termes d'autonomie ?* »

En réponse à la dernière question, l'enseignant a affirmé que l'intelligence artificielle ne modifie en rien l'autonomie des étudiants.

« Les IA n'ont aucun impact sur l'autonomie des étudiants »

L'enseignant soutient que cette compétence dépend avant tout du parcours personnel et de la manière dont chaque étudiant s'approprie son propre cursus.

« Je ne pense pas que les IA influencent l'autonomie ; je pense que ce qui influence l'autonomie, ce sont les étudiants eux-mêmes. »

Il insiste sur le fait que l'autonomie réside dans la capacité des étudiants à conserver un « esprit critique » vis-à-vis des résultats obtenus, qu'il s'agisse d'une production manuelle (leurs propres dessins) ou générée par un outil d'intelligence artificielle.

« La question, c'est de savoir comment ils peuvent travailler, garder un esprit critique sur la production ; »

Selon l'enseignant, l'outil n'est qu'un « levier supplémentaire » qui ne dispense pas l'étudiant de l'effort nécessaire pour poser correctement les problèmes, mais qui vise plutôt à l'amener à échanger avec les enseignants sur les résultats. L'enseignant a également souligné que les sollicitations pour les corrections ne diminuent pas avec l'utilisation de l'intelligence artificielle et restent les mêmes.

« Donc c'est un levier supplémentaire pour assurer l'autonomie, »

« L'idée de l'introduire dans le cours, ce n'est pas de leur dire que ça va résoudre leurs problèmes ; c'est de leur dire qu'il faut qu'ils arrivent à continuer à bien poser les problèmes en utilisant les outils d'IA générative. »

Donc, pour l'enseignant, l'autonomie ne dépend pas de la technologie utilisée, mais de la capacité de l'étudiant à participer à son propre processus d'apprentissage, à formuler son intention et à évaluer la pertinence des réponses générées. L'intelligence artificielle n'est donc qu'un outil supplémentaire qui soutient la réflexion de l'étudiant, mais elle ne remplace en aucun cas sa responsabilité.

Etudiants :

Dans le questionnaire, l'autonomie des étudiants dans la gestion de leurs projets est liée à trois questions dont les réponses serviront de base à l'analyse.

Les réponses à la question concernant le degré d'appui, ont indiqué qu'une majorité de 95 % des participants ont déclaré n'avoir « Un peu » utilisé les propositions de l'IA. Ce résultat montre que l'IA ne remplace pas leur prise de décision final, mais sert plutôt d'outil pour les aider à explorer différentes options. Ce faible recours aux propositions de l'IA leur permet de rester les principaux décideurs dans leurs choix architecturaux. Donc, l'autonomie des étudiants réside dans leur refus de s'appuyer directement sur les propositions de l'intelligence artificielle et dans leur capacité à ignorer ses propositions à tout moment si elles ne correspondent pas à leurs intentions.

Concernant l'organisation et le rythme de travail, 40 % des participants ont déclaré que l'IA n'avait apporté aucun changement à leurs méthodes de travail dans le cadre de projets. Ils ont conservé leurs organisations de travail habituelles, basées sur les méthodes acquises au cours de leur formation. Tandis que 50 % des étudiants ont déclaré que leurs méthodes de travail avaient « Un peu » évolué, considérant l'IA comme un outil complémentaire notamment pour la recherche de concepts ou le rendu final du projet.

« La génération d'image permet de vérifier rapidement si un concept nous plaît ou non, »

« C'est comme si je recherchais des images sur Pinterest pour m'inspirer. »

« Par l'amélioration de la qualité des rendus finaux »

Enfin, concernant le temps de travail lors de l'utilisation de l'IA dans le processus de conception, 40 % des étudiants ont indiqué que l'IA avait « réduit considérablement le temps », tandis que 55 % ont estimé qu'elle n'avait « pas d'impact significatif ». Certains étudiants estiment que l'IA leur fait gagner du temps dans les phases exploratoires, mais ils réinvestissent souvent ce temps dans la vérification et la modification des résultats générés, ce qui montre que les étudiants accordent la priorité à la qualité des résultats et à la maîtrise de leur travail.

Donc, les réponses montrent que l'ensemble des étudiants ne dépendent généralement pas entièrement de l'intelligence artificielle. Ils l'utilisent comme un outil d'aide, tout en continuant à réfléchir, à tester et à revenir en arrière, ce qui démontre leur capacité à gérer des projets de manière autonome.

Analyse croisée : Enseignant 1, Enseignant 2 et Etudiants

La comparaison des positions des deux enseignants montre une convergence claire. Comme je l'ai mentionné précédemment, « l'Enseignant 1 » fait clairement la distinction entre deux types d'étudiants : ceux qui acceptent presque immédiatement la première proposition générée par l'intelligence artificielle et la présentent comme le résultat final et ceux qui continuent à s'interroger sur l'outil tout au long du processus. Il souligne que cette différence vient essentiellement de l'attitude individuelle et non de l'outil lui-même. Cette distinction rejoint la position de « l'Enseignant 2 », qui considère que l'autonomie dépend du parcours personnel et de l'attitude de chaque étudiant et non de l'utilisation de l'IA.

Les réponses des étudiants confirment la position des deux enseignants. La plupart d'entre eux indiquent que l'intelligence artificielle n'a pas profondément changé l'organisation de leur travail. Ils l'utilisent principalement pour explorer rapidement différentes options ou pour créer des supports visuels, mais ils soulignent qu'ils utilisent l'IA comme un simple outil d'aide à la décision.

Cette convergence entre les deux enseignants et la majorité des étudiants indique que l'autonomie reste avant tout une compétence personnelle qui dépend largement de l'apprentissage pédagogique, et que l'intelligence artificielle n'a pas pour effet de la renforcer ou de l'affaiblir.

Cette convergence conduit donc au « **Scénario 4 : Enseignant « X » - Étudiant « X » (similitude)** » : ni les enseignants ni les étudiants ne considèrent que l'IA générative ait une influence directe sur l'autonomie.

Compétence	Enseignants	Etudiants	Résultat
Autonomie	X	X	X

6.2. L'esprit critique :

Enseignant 1 :

Dans le premier entretien, l'esprit critique a été remarqué dans la manière dont l'enseignant a décrit l'utilisation de l'IA dans son atelier de projet. Il a insisté que l'étudiant doit questionner ce que produit l'IA et de ne pas seulement accepter l'image générée.

L'enseignant souligne que l'esprit critique commence par la manière dont l'étudiant utilise le prompt. Il explique que le prompt forme la base de concept du projet et que l'étudiant doit apprendre à le critiquer et à l'améliorer en utilisant un langage plus clair pour développer les solutions.

« Pour cet exercice-là, c'est qu'en fait « Le prompt génératif », finalement, c'est presque lui qui construit la base conceptuelle du départ. »

Selon l'enseignant, l'esprit critique implique que l'étudiant doit comprendre qu'il est le « donneur d'ordres » et ne doit pas se laisser dominer par l'outil, et comprendre que chaque mot influence le projet et être capable de revenir dessus. Donc, le prompt devient un support de la réflexion critique de l'étudiant.

« La maîtrise de l'IA, c'est bien de comprendre qu'il y a un logiciel qui est assez puissant et il y a un donneur d'ordres ; un prompt qui est génératif ; et que presque tout se fait à ce moment-là. »

L'enseignant a souligné un deuxième point qui exprime l'esprit critique, il l'a décrit d'un processus « d'analyse rétrospective ». Il a déclaré que l'IA donne rapidement un résultat convaincant et l'étudiant doit faire preuve de rendre cette image réelle. Donc, l'étudiant doit analyser cette image pour la rendre constructible ; pour cela, il doit faire la différence entre le résultat visible, la construction et l'image elle-même.

« Ce qui est intéressant aussi, c'est que les étudiants se rendent compte qu'ils peuvent très vite obtenir un résultat qui leur plaît. Et donc, ils sont obligés de faire en sorte que ce résultat devienne une architecture. Ils doivent créer une différence entre le résultat, la construction et l'image. »

Selon lui, l'objectif de l'exercice est d'amener l'étudiant à rendre son projet « plus intéressant que l'image de départ » et à se poser plusieurs questions, par exemple d'un point de vue technique (comment ça tient ?). Donc, l'esprit critique consiste à confronter l'image à la réalité.

Enseignant 2 :

Dans le deuxième entretien, l'enseignant place l'esprit critique au cœur de son approche pédagogique. Il considère que l'esprit critique se traduit avant tout par la capacité de l'étudiant à ne pas accepter les résultats de l'IA comme une solution définitive.

L'enseignant souligne que sa méthode d'enseignement consiste à amener les étudiants à décrire « l'écart » entre ce qu'ils ont imaginé au début (sans utiliser l'IA) et ce que l'outil a produit.

« Et donc là, ils génèrent plusieurs images ; on leur en a demandé trois ou quatre. Puis on leur demande de décrire un petit peu l'écart entre ce qu'ils imaginaient dans leur fiche rédactionnelle et ce qu'ils ont obtenu dans les images. »

Dans cet exercice, les étudiants doivent comparer et analyser cet écart. Donc, il s'agit d'un exercice qui oblige les étudiants à remettre en question les résultats de l'IA.

« On ne leur demande surtout pas de produire des images à partir des IA pour avoir une solution à un problème. On leur demande de questionner la production ; »

Un deuxième point qui concerne l'esprit critique se retrouve dans le processus de travail consistant à demander aux étudiants de retravailler les images d'IA. Le travail commence par une rédaction sans utiliser l'IA. Une fois les images générées, les étudiants doivent les retravailler par collage en utilisant des anciennes images pour se rapprocher de l'idée initiale.

« On leur demande de retravailler une image. Mais cette fois-ci, en prenant les IA, en prenant des photos anciennes, en faisant des collages... plus un collage à partir des images qui sont obtenues. »

C'est pourquoi l'enseignant insiste sur l'importance pour les étudiants de travailler les productions manuellement afin de développer « un avis critique » sur le résultat.

« On leur demande de se saisir un petit peu manuellement de cette production pour, justement, avoir un avis critique sur ce qui a été produit et sur ce qu'ils souhaitent avoir. »

L'enseignant a relié également l'esprit critique à une compétence fondamentale pour l'architecte, qui est la capacité à comprendre des enjeux telles que le contexte et l'usage, et le fait qu'un étudiant critique ne se limite pas aux belles images.

« Comprendre les enjeux, aujourd'hui, c'est une démarche de raisonnement qui est très importante à acquérir dans la formation d'architecte. »

Enfin, selon lui, l'objectif principal de son atelier est que l'étudiant soit capable d'expliquer pourquoi et comment il utilise l'intelligence artificielle.

Etudiants :

Dans le questionnaire, l'esprit critique est lié aux questions portant sur la manière dont les étudiants utilisent, modifient ou contestent les propositions générées par l'IA.

Les réponses à la question concernant la prise de décision face aux résultats de l'intelligence artificielle montrent qu'une grande majorité des étudiants, plus de 65 %, choisissent « Je compare plusieurs résultats avant de décider ».

« Je compare plusieurs résultats puis ça me donne des idées et en général ce sont ces idées que je choisis. »

Cela montre que les étudiants ne considèrent pas la première image comme une solution idéale, mais la comparent et l'analysent et ne conservent que ce qui sert leur projet. Donc, ici, l'esprit critique consiste à vérifier les résultats de l'IA avant de prendre une décision.

Cet esprit critique ne s'arrête pas là. La majorité des étudiants estiment que les propositions de l'IA contiennent des erreurs et manquent souvent de pertinence, que ce soit en termes de structure, de contexte ou de faisabilité. Après la sélection, les étudiants apportent des améliorations supplémentaires aux propositions de l'IA. 70 % d'entre eux ont déclaré « retravailler profondément » ces résultats pour les adapter à leurs intentions.

« Je n'ai pas d'exemple précis mais parfois l'IA manque de contexte pour donner une réponse pertinente, elle est donc complètement à côté de la plaque. Mais même si sa réponse est loin d'être bien, ça donne des idées en me faisant penser à autre chose »

Les étudiants trouvent que l'IA ne comprend pas toujours le projet ou les attentes. Ils sont alors amenés à effectuer des corrections manuelles, soit à l'aide de croquis, de plans ou de coupes, soit à l'aide de logiciels traditionnels tels que Photoshop.

« J'actualise sur Photoshop les erreurs et défauts liés à la volumétrie et la matérialité »

Donc, l'esprit critique se traduit donc par la capacité des étudiants à vérifier les informations, à retravailler les résultats générés et à refuser certaines propositions qui ne répondent pas aux exigences du projet.

Analyse croisée : Enseignant 1, Enseignant 2 et Etudiants

Les points de vue des deux enseignants concordent clairement en ce qui concerne l'esprit critique.

Ils s'accordent tous les deux sur l'idée que l'intelligence artificielle n'apporte pas de solutions, mais elle doit être interrogée. Dans leur pédagogie, l'élément essentiel ne réside pas dans l'image produite, mais dans la capacité de l'étudiant à prendre du recul, à comprendre les limites de l'outil et à améliorer les résultats plutôt que de les accepter simplement. L'esprit critique se traduit lorsque l'étudiant explique ses choix, confronte l'IA à la réalité et replace le projet dans son contexte.

Contrairement à l'autonomie, qui est considérée comme stable, les deux enseignants estiment que l'esprit critique s'améliore avec l'utilisation de l'IA. Pour eux, l'IA devient un outil de débat critique.

Les réponses des étudiants confirment d'une manière générale le point de vue des enseignants. Les étudiants comparent les propositions générées, les sélectionnent et les modifient de manière profonde. Ils utilisent avant tout comme une source d'inspiration, et non comme une réponse définitive.

Cet accord conduit donc au « **Scénario 1 : Enseignant « O » - Étudiant « O » (similitude)** » : les enseignants et les étudiants considèrent que l'IA générative influence l'esprit critique et contribue directement à son évolution.

Compétence	Enseignants	Etudiants	Résultat
Esprit critique	O	O	O

6.3. L'originalité du projet :

Enseignant 1 :

Dans le premier entretien, l'enseignant estime que l'originalité réside dans la méthode de travail de l'étudiant et la genèse du projet.

Il souligne que l'étudiant doit considérer l'image comme un point de départ brut et la décomposer pour en comprendre la logique constructive. Il doit analyser l'image initiale afin d'y apporter des modifications et de la transformer de la meilleure façon possible, en combinant l'IA et d'autres outils numériques ou manuels. Donc, l'étudiant a développé une méthode de travail basée sur des aller-retours entre la conception et l'évaluation.

« Une fois qu'on a eu l'image, on a essayé d'en faire la maquette ; on a scanné la maquette pour la rentrer sur Rhino en nuage de points ; on a demandé aux étudiants de la modéliser et de la transformer au mieux »

Selon l'enseignant, l'originalité n'est pas juste le résultat formel ou esthétique, mais elle est liée à la démarche d'utilisation continu et réfléchi des outils et à l'emploi de l'IA à plusieurs étapes de la conception. Il a donné un exemple qui pour lui se distingue des autres car l'étudiante ne s'est pas contentée à la première image.

« D'abord, esthétiquement, il est assez qualitatif, mais en même temps, il y a une continuité dans la démarche : la personne qui l'a réalisé ne s'est jamais arrêtée d'utiliser les outils pour le construire. »

L'enseignant a souligné d'autres points qui ont une relation directe avec l'originalité. D'un côté, il a expliqué que les images produites par l'IA sont souvent détachées des contraintes réelles liées au projet et totalement déconnectées du contexte.

« Ça aurait pu être accroché à un rocher en pleine mer, ou posé sur le sable. »

« À partir de l'image, on crée un modèle. Et ce modèle, ensuite, on le ramène sur un site réel. »

D'un autre côté, il montre que ces images peuvent inclure des formes similaires, car l'outil a tendance à répéter les réponses, ce qui conduit également à des projets similaires.

« Aujourd'hui, nous, on ne serait pas capables de dire qu'en utilisant l'IA, le projet est plus qualitatif qu'en ne l'utilisant pas. L'IA produit des réponses génératives qui se ressemblent entre elles. »

Selon lui, les outils génératifs peuvent présenter un risque de standardisation, que ce soit en termes de formes ou de contexte. C'est pourquoi, dans sa méthodologie, l'étudiant est obligé à transformer l'image générique en une proposition architecturale bien située (à travers des maquette et d'autres logiciels).

« Mais en revenant assez rapidement aux méthodes qui sont des méthodes traditionnelles. »

Enseignant 2 :

Pour l'enseignant, l'originalité ne réside pas dans l'esthétique de l'image produite par l'IA, mais dans le processus intellectuel de l'étudiant.

L'enseignant considère que l'idée selon laquelle la complexité formelle rend un projet original est totalement fautive et dénonce l'architecture qui tourne autour de cette idée. Il fait une distinction entre l'originalité et la forme du projet.

Selon lui, une forme impressionnante peut cacher un projet mal conçu et inadapté au contexte et que le projet original ne repose pas sur l'effet visuel, mais plutôt sur la pertinence de la démarche, la compréhension du contexte et la capacité à répondre aux enjeux.

« On ne cherche pas une image du projet. On cherche un projet qui répond à son contexte, qui puisse répondre surtout à des enjeux. »

Les étudiants peuvent facilement produire des images impressionnantes à l'aide de l'IA, mais l'objectif n'est pas d'obtenir un résultat visuel esthétique, mais plutôt d'être capable de discuter, de débattre des biais, du contexte entre l'intention et la production.

« L'idée, c'est un lieu de débat et un lieu de manipulation des outils. Et donc, quelque part, il n'y a pas de projet où on se dit : « Wow, celui-là, il est réussi ». »

Concernant la question du contexte, l'enseignant critique la capacité de l'IA à ne pas respecter le contexte spécifique d'un projet architectural ou urbain. Il qualifie les résultats de l'IA de « nuls » car l'image peut sembler attrayante à première vue en raison de son « effet réaliste », mais il apparaît ensuite qu'elle est irréaliste et « décontextualisée » dès qu'on l'analyse en détail.

« Quand on regarde dans les détails, on se rend compte que c'est totalement irréel et, surtout, complètement décontextualisé. »

« On leur demande de faire un travail sur des situations dans des villages en Mayenne ou avec une architecture très spécifique, avec des paysages très spécifiques. On est toujours complètement déconnectés. On est soit en Chine, soit aux Etats-Unis. C'est nul, vraiment. »

L'enseignant a remarqué une similitude entre les résultats de l'IA et souligne que l'IA produit des formes répétitives en fonction de la plateforme utilisée. Il s'oppose à l'utilisation de l'IA comme un « client » fournissant des solutions toutes faites, car cela conduit à des projets standardisés.

« Et donc on se retrouvera sur des paysages qui convergent de manière absurde. »

« Moi, mon objectif, c'est que la méthode change. C'est que les étudiants, en fait, n'utilisent pas les IA comme une sorte de client auquel on aurait une offre de service, »

C'est pourquoi il suit également une méthodologie qui consiste à demander aux étudiants de retravailler et de corriger les images de l'IA au moyen d'un collage avec des photos du site.

Etudiants :

Les réponses des étudiants montrent que l'originalité de leur projet réside dans la prise en compte des contraintes réelles liées au projet, des dimensions constructives et techniques, et dans son adaptation à leurs intentions en répondant aux différents enjeux.

La majorité des réponses indiquent que la plupart des étudiants ne prennent pas les images générées par l'IA telles quelles, mais les considèrent plutôt comme un point de départ ou une base qu'ils doivent réinterpréter afin de les intégrer à leur projet.

« J'avais déjà une idée en tête du projet, mais pour avoir plus d'idées j'ai utilisé l'IA »

Comme je l'ai mentionné précédemment dans la partie sur l'esprit critique, le retravail comporte une confrontation entre l'image générée et les outils de conception traditionnels, tels que les logiciels de conception 3D, Photoshop ou même le dessin à la main.

« Je retravaille le script jusqu'à ce que ça donne le résultat que je souhaite en apportant des précisions supplémentaires »

D'autre part, les étudiants s'accordent à dire que les productions générées par l'IA manquent de particularité et les qualifient de « plutôt génériques ». Ils remarquent également que l'IA a tendance à produire des formes esthétiques uniformes.

« En termes de conception, je trouve que ce qu'elle propose est souvent très générique. »

« La ou l'IA peut faire perdre du temps c'est quand on a peur que tout le monde ait le même résultat. »

De plus, de nombreuses réponses indiquent que les propositions générées par l'IA ne s'adaptent pas complètement aux caractéristiques spécifiques du site, car elle ne connaît pas réellement le site et donc elle ne tient pas toujours compte des contraintes réelles du projet.

« Une perspective qui est plutôt urbaine alors que je travaille sur un milieu rural ».

«Souvent l'IA ne donne pas d'idées claires et définies car elle ne connaît pas réellement le site.»

C'est pourquoi les étudiants sont conscients des limites de l'IA générative en termes de standardisation des formes, de décontextualisation et de risque de produire une architecture irréaliste. C'est la raison pour laquelle les étudiants reviennent aux méthodes traditionnelles et chacun recourant à sa propre méthode de travail.

Analyse croisée : Enseignant 1, Enseignant 2 et Etudiants

Les deux enseignants sont clairement d'accord concernant l'originalité.

Les enseignants éloignent l'originalité de l'image produite par l'IA et refusent de la relier à la complexité formelle ou à l'effet visuel. Ils considèrent que les résultats de l'IA sont souvent génériques, répétitifs et déconnectés du contexte, et que l'originalité réside dans le processus de réinterprétation et de mise en relation avec un contexte réel en interaction avec d'autres outils, et non dans le fait de les laisser tels quels.

Les deux enseignants pensent que l'originalité n'est pas liée à l'IA, mais plutôt à la démarche de projet et à la manière dont l'étudiant transforme les images produites par l'IA, les critique et les replace dans un nouveau contexte.

Les réponses des étudiants concordent avec le point de vue des enseignants. Ils considèrent également les productions de l'IA comme génériques, présentant un risque d'uniformisation et souvent détachées de leur contexte. Ils décrivent le résultat de l'IA comme un point de départ et non comme un produit fini, qui doit être adapté aux contraintes du site et de la construction, en revenant à des méthodes plus personnelles et à des outils traditionnels.

Cet accord conduit donc au « **Scénario 4 : Enseignant « X » - Étudiant « X » (similitude)** » : ni les enseignants ni les étudiants ne considèrent que l'IA générative ait une influence directe sur l'originalité des projets.

Compétence	Enseignants	Etudiants	Résultat
L'originalité du projet	X	X	X

6.4. L'innovation dans la conception :

Enseignant 1 :

Dans l'entretien, les réponses de l'enseignant concernant cette partie portaient sur trois points. Le premier point concerne le processus de conception, où l'enseignant explique comment l'IA a réduit le temps nécessaire à la production d'une idée visuelle forte et à l'exploration des possibilités.

« Les étudiants se rendent compte qu'ils peuvent très vite obtenir un résultat qui leur plaît. »

Selon lui, il fallait auparavant plusieurs séances pour obtenir une image convaincante, mais grâce à l'IA, une proposition est préparée dès la première semaine, ce qui permet d'obtenir des résultats très tôt dans le semestre.

« Dès la semaine d'après, on avait à peu près quatre ou cinq projets avec des images très fortes. On avait presque fini un projet dès la première semaine ; enfin, fini... l'image du projet. »

L'enseignant souligne que l'outil permet un développement rapide du rendu en modifiant les mots du prompt pour multiplier les solutions en peu de temps, ce qui permet de tester rapidement plusieurs options.

« Et il s'agissait aussi de faire progresser le rendu en faisant progresser le prompt, en donnant des mots plus clairs, de façon à avoir la possibilité de faire évoluer 3 ou 4 solutions de bungalow de vacances. »

Le deuxième point concerne l'imagination et la créativité des étudiants. L'enseignant insiste sur le fait que l'imagination ne vient pas seulement de l'outil, mais aussi de l'étudiant lui-même. Il explique que les étudiants sont déjà curieux, mais que l'IA leur ouvre des pistes qu'ils n'auraient pas découvertes seuls. Elle permet d'expérimenter rapidement, ce qui les encourage à tester davantage d'hypothèses qu'auparavant. Donc, elle leur donne les moyens d'explorer avec moins de contraintes.

« Alors, la qualité de curiosité du concepteur, qui va chercher des références, est toujours présente, avec ou sans l'outil. L'IA favorise ainsi le développement d'une curiosité et d'une aptitude à la conception qui sont déjà présentes, et elle assiste l'architecte dans cette démarche. »

Enfin, le dernier point concerne l'optimisation des solutions. L'enseignant note que l'IA offre un outil permettant d'améliorer les performances grâce à une évaluation préalable, car elle permet aux étudiants d'évaluer les performances de leur projet dès la première étape. Elle leur permet, par exemple, d'évaluer le niveau de confort, la qualité de l'air et l'ensoleillement.

« À partir du moment où tu as une évaluation alors que le projet n'existe même pas, forcément, c'est toujours plus optimisé. »

L'enseignant a mentionné deux types d'optimisations que les étudiants peuvent apporter à l'aide de l'intelligence artificielle : optimisation de la forme et optimisation de la structure et des matériaux du projet.

Il a commencé par expliquer que les étudiants peuvent créer une simulation précise de l'ensoleillement. Cette simulation leur permet de modifier ou d'ajuster la forme et les ouvertures afin d'obtenir l'exposition souhaitée aux rayons du soleil en améliorant la forme et l'orientation du projet.

« Tu produis un ensoleillement et tu sais où la lumière va rentrer, à quelle heure... Tu peux changer ton objet ou faire d'autres ouvertures. »

Il a également cité l'exemple d'une étudiante qui a utilisé « ChatGPT » pour calculer les dimensions et l'épaisseur des éléments structurels en bois en fonction de contraintes climatiques réelles. Elle a déterminé les matériaux les plus efficaces pour son projet.

Enseignant 2 :

Tout d'abord, l'enseignant explique que l'IA accélère la représentation, mais pas la conception. Selon lui, l'objectif de l'introduction de l'IA dans le processus de conception est d'obtenir plusieurs idées afin d'approfondir la réflexion, et non de rester bloqué sur une seule idée.

Pour lui, on peut dire que l'intelligence artificielle accélère le processus de conception uniquement si on s'arrête à la première image, car cette rapidité peut nous faire croire que le travail est terminé très rapidement, mais cela va freiner le processus de réflexion nécessaire.

« Mais effectivement, par contre, il y a l'effet de l'image. Alors, tout d'un coup, il y a l'image, l'image est faite, et on se dit : « je n'ai plus rien à faire ». Par contre, l'idée est souvent perdue. »

Selon l'enseignant, ce qui est intéressant, c'est de produire plusieurs variantes en moins de temps, afin de consacrer plus de temps à la réflexion critique sur ces variantes.

« En réalité, le principe de l'IA, c'est qu'on peut en faire beaucoup et que ça peut permettre justement de créer des réseaux de raisonnement. »

Ensuite, l'enseignant explique que l'IA peut affaiblir l'imagination de l'étudiant, car elle provoque la perte de l'idée initiale. Car lorsqu'un étudiant donne son idée à l'IA, elle lui propose souvent une autre idée moins intéressante, ce qui fait perdre son idée initiale.

« J'ai plutôt observé l'inverse : j'ai plutôt observé que quand ils ont une idée qu'ils donnent à traduire par les IA, ils ont une autre idée qui arrive, qui est beaucoup moins intéressante. »

L'enseignant refuse l'idée selon laquelle l'IA serait un « levier de créativité », car la créativité est un processus qui consiste à créer une idée par la manipulation et non pas simplement à la représenter à l'aide d'un outil. Il affirme que l'IA ne peut pas transformer un étudiant peu créatif en un étudiant créatif, parce que la créativité est propre à l'étudiant lui-même.

« Puisque le principe de la créativité, ce n'est pas d'avoir une idée qu'on réalise en image : c'est d'avoir un processus pour fabriquer l'idée par la manipulation. »

Enfin, en ce qui concerne l'optimisation, l'enseignant estime que les améliorations en matière de performances ne se trouvent pas dans l'IA générative actuelle, mais dans le design computationnel, car il considère que l'IA ne s'est pas encore adaptée à ce domaine.

« Je pense que les IA, en tout cas à ce stade, celles que je connais, ne sont pas assez bien entraînées pour avoir des résultats satisfaisants. »

De plus, l'enseignant critique la notion de performance lorsqu'elle se concentre sur un seul facteur. Il donne un exemple de la manière où la maîtrise de la simulation énergétique peut conduire à une perte de contrôle des performances en termes d'intégration paysagère.

« Le problème de la performance, c'est que ce sont des problématiques de silos. C'est-à-dire que si on est performant sur l'enveloppe, on n'est pas forcément performant dans la prise en compte des usages ; on n'est pas forcément performant dans la prise en compte de l'économie du projet. »

Etudiants :

Tout d'abord, la majorité des étudiants affirment que l'IA ne réduit pas vraiment le temps consacré à la conception, mais plutôt celui nécessaire à la représentation. L'IA peut réduire le temps passé à réfléchir à la première représentation de l'idée, où les étudiants hésitent sur la manière de commencer, par des croquis ou par une maquette.

Les étudiants affirment qu'ils utilisent l'intelligence artificielle pour produire rapidement des variantes et visualiser instantanément leurs idées. Donc, le temps gagné dans la représentation est réinvesti dans la réflexion, la vérification ou la modification des propositions, ce qui permet d'entrer plus tôt dans la phase d'évaluation.

« La génération d'image permet de vérifier rapidement si un concept nous plaît ou non, mais la plus grosse partie de la conception et des résolutions techniques dépend encore des recherches, des connaissances et du travail. »

Puis, la majorité des étudiants affirment que l'IA leur a permis, même légèrement, d'élargir leur imagination en explorant de nouvelles voies, soit en leur proposant des formes ou des scénarios inattendus, soit en les incitant à apprendre à suivre leurs propres idées.

« Elle m'a permis de sortir de ma zone de confort, d'envisager des formes plus organiques, moins intuitives. Parfois les erreurs d'interprétation d'IA ont également été source d'inspiration. »

« Je travaillais sur les bords d'un lac et il m'a proposé des éléments structurels qui s'adaptent parfaitement avec la situation. »

Selon les réponses des étudiants, l'IA à leur permettant d'enrichir un concept, d'approfondir les détails ou d'obtenir des informations. Donc, elle leur propose une nouvelle façon d'aborder la conception en testant, comparant et vérifiant la pertinence des scénarios, à partir d'un raisonnement itératif rapide.

« Plus de créativité. Permet de créer des itérations rapidement et pour chacune d'entre elles on peut choisir d'en garder une partie et de l'incorporer dans le projet ou non. »

Enfin, en ce qui concerne l'optimisation, je n'ai pas abordé cette question dans le questionnaire, car je l'ai distribué avant de corriger les questions de l'entretien et d'ajouter cette question, et je n'ai pas pu le modifier par la suite, car certains étudiants avaient déjà commencé à y répondre. Donc, j'ai uniquement abordé les deux premiers points de cette partie (L'innovation dans la conception).

Analyse croisée : Enseignant 1, Enseignant 2 et Etudiants

Les deux enseignants s'accordent clairement sur le fait que l'IA réduit le temps de la représentation, et non le temps de la conception. L'Enseignant 1 estime que l'IA permet d'obtenir rapidement des images convaincantes et de tester plusieurs variantes dès le début. L'Enseignant 2 insiste sur le fait que ce gain de temps est lié principalement à la représentation et que cette rapidité peut donner une impression de projet terminé, alors qu'il n'a pas encore été réellement pensé.

Les étudiants sont d'accord avec l'avis des enseignants. Ils affirment que le temps consacré à la conception ne change pas, car l'IA permet de gagner du temps au début et lors de la production des différentes variantes, mais ils réinvestissent ce temps dans l'analyse, la vérification et la modification de leurs idées.

Cet accord conduit donc au « **Scénario 4 : Enseignant « X » - Étudiant « X » (similitude)** » : ni les enseignants ni les étudiants ne considèrent que l'IA générative réduise le temps nécessaire à la conception.

Concernant l'imagination et la créativité, les deux enseignants s'accordent à dire que la créativité dépend avant tout de l'étudiant, mais ils divergent quant à l'influence des outils d'IA sur cette qualité.

D'un côté, l'Enseignant 1 souligne que l'IA élargit le champ de l'exploration et stimule la créativité déjà présente chez les étudiants en leur ouvrant des pistes auxquelles ils n'auraient peut-être pas pensé seuls. D'un autre côté, l'Enseignant 2 estime que la créativité réside dans le processus de développement de l'idée et que l'outil peut l'affaiblir en remplaçant l'idée initiale par une proposition attrayante mais moins pertinente.

Les étudiants rejoignent le point de vue de l'Enseignant 1, beaucoup d'entre eux affirmant que l'IA leur permettait parfois de sortir de leur zone de confort et d'imaginer d'autres scénarios.

Cette divergence conduit à deux scénarios au même temps « **Scénario 1 : Enseignant « O » - Étudiant « O » (similitude)** » et « **Scénario 3 : Enseignant « X » - Étudiant « O » (différence)** » : L'un des enseignants et les étudiants considèrent que l'IA générative a une influence directe sur l'imagination et la créativité, tandis que le deuxième enseignant ne considère pas que cet effet soit présent.

Enfin, la question de l'optimisation montre clairement la divergence entre les deux enseignants.

L'Enseignant 1 considère que l'IA permet d'intégrer plus tôt des évaluations telles que l'ensoleillement, les matériaux et la structure et y voir comme un moyen d'obtenir des propositions plus performantes.

L'Enseignant 2, au contraire, estime que les performances ne proviennent pas de l'IA générative actuelle, car elle n'est pas suffisamment efficace pour produire des améliorations pertinentes, en particulier lorsqu'elle se concentre sur un seul facteur.

Du côté des étudiants, ce point est absent, car il n'a pas été abordé dans le questionnaire.

Compétence		Enseignant 1	Enseignant 2	Etudiants	Résultat
L'innovation dans la conception	Accélération du Processus	X	X	X	X
	Imagination et créativité	O	X	O	-
	Optimisation	O	X	Pas de réponse	-

7. Mise en relation avec les hypothèses

Cette partie consiste à relier les analyses et les hypothèses afin de vérifier la validité ou non de ces dernières.

En commençant par la première hypothèse qui dit : « *L'utilisation de l'IA générative dans les écoles d'architecture permet aux étudiants d'accélérer le processus de conception tout en élargissant leur imagination et d'améliorer la qualité de leurs projets en générant des variantes optimisées.* », cette hypothèse souligne trois points :

Tout d'abord, les enseignants et les étudiants s'accordent à dire que l'IA ne réduit pas le processus de conception puisqu'elle permet simplement de gagner du temps en produisant rapidement des images et des variantes visuelles. Ce gain de temps n'est pas directement lié à la conception elle-même, car il est souvent utilisé pour analyser, réfléchir et ajuster les propositions.

Concernant l'imagination, les analyses montrent qu'il existe deux parties ayant chacune une position différente. La première partie, qui représente une grande majorité des étudiants, en plus d'un enseignant, affirme que l'IA encourage les étudiants à explorer différents scénarios et ouvre de nouvelles perspectives pour la conception. La deuxième partie, qui représente un seul enseignant, montre le contraire et que l'IA risque de ruiner l'idée de départ en la remplaçant par des images attrayantes mais moins pertinentes.

Enfin, concernant l'optimisation, deux positions différentes sont exprimées. L'un des enseignants affirme que l'IA a la capacité d'intégrer des évaluations techniques, ce qui permet d'améliorer les conceptions en termes de performances, tandis que l'autre enseignant rejette cette idée et estime que les fonctions d'optimisation dépendent des outils de design computationnels.

Donc, en ce qui concerne la première hypothèse, elle n'a été que partiellement confirmée.

En passant à la deuxième hypothèse qui dit : « *L'utilisation de l'IA générative dans les écoles d'architecture limite l'esprit critique des étudiants, réduit leur autonomie et l'originalité de leurs projets, et les enferme dans une forme de standardisation.* », cette hypothèse repose également sur trois points :

Tout d'abord, les enseignants affirment que l'autonomie des étudiants est une compétence personnelle qui se développe au fil du parcours éducatif et de l'expérience, et que les outils d'IA ne peuvent pas l'influencer.

Comme pour l'esprit critique, les images produites par l'IA sont souvent l'objet de débats, car elles obligent les étudiants à les confronter aux contraintes de la réalité, à les retravailler et à justifier leurs choix. Donc, l'IA est loin d'affaiblir l'esprit critique.

Les enseignants et les étudiants soulignent que les images générées par l'IA ont tendance à produire des formes répétitives et souvent décontextualisées, ce qui peut conduire à une certaine standardisation. Mais les étudiants sont chargés de transformer les propositions générées, de les replacer dans leur contexte et de les retravailler, ce qui évite cette standardisation et la perte d'originalité.

En plus, les enseignants insistent sur le fait que l'originalité réside dans le processus de travail sur le projet et la méthodologie suivie. Donc, ça rend l'IA plus comme un outil qui demande une réflexion critique plutôt qu'une menace directe pour l'originalité.

Donc, en ce qui concerne la deuxième hypothèse, elle a été totalement infirmée.

8. Conclusion

Ma conclusion est organisée en deux parties. La première vise à répondre à la problématique de recherche.

L'objectif de mon travail de recherche consiste à analyser l'influence des outils d'IA générative sur les compétences acquises par les étudiants dans les ateliers de projet, notamment celles liées à l'autonomie, à l'esprit critique, à l'originalité et à l'innovation dans la conception, qui constituent le fondement de l'atelier de projet et sont définies dans le référentiel des compétences et le cadre national des certifications.

Les résultats de mon étude, qui s'appuie sur des entretiens avec des enseignants et un questionnaire destiné aux étudiants, indiquent que les outils d'IA générative peuvent modifier la manière et le rythme de travailler, car ils accélèrent la production d'images et la génération de variantes, mais ne réduisent pas le temps consacré à la conception. Donc, l'innovation se trouve dans l'utilisation de l'outil et son intégration dans le processus de réflexion et d'itération.

L'autonomie et l'esprit critique sont toujours liées à l'attitude personnelle et au parcours pédagogique de l'étudiant. L'utilisation de l'IA ne peut pas les affaiblir, mais au contraire les renforcer lorsqu'elle est utilisée comme outil de réflexion et de débat.

L'originalité dépend aussi principalement de l'étudiant. Les outils d'IA générative peuvent contribuer à une forme de standardisation, mais ce qui rend le projet original, c'est la capacité de l'étudiant à réinterpréter ces propositions. Donc, l'originalité ne provient pas de l'outil, mais du processus critique effectué par l'étudiant lui-même.

En réponse à la problématique posée « *Quelles compétences sont améliorées et développées par l'utilisation des outils de l'IA générative dans l'enseignement du projet architectural, et lesquelles risquent d'être négligées ou de perdre en importance ?* », les résultats indiquent que les outils d'intelligence artificielle générative ne font pas disparaître les compétences fondamentales liées à l'atelier de projet. Car l'IA ne développe pas directement de nouvelles compétences chez les étudiants et n'en élimine pas d'autres. Elle peut renforcer certaines compétences déjà présentes chez l'étudiant, à condition que celui-ci fasse appel à son esprit critique.

La deuxième partie traite d'une critique méthodologique. Cette recherche comporte certaines faiblesses, notamment en ce qui concerne la conception des questions du questionnaire et d'entretiens.

Tout d'abord, le questionnaire n'a pas été suffisamment corrigé, il m'a été impossible de reformuler clairement certaines questions avant de le distribuer. Cela a parfois limité la précision des réponses recueillies. De nombreux étudiants ont donné exactement la même réponse à des questions différentes, ce qui indique que certaines formulations pourraient être considérées comme redondantes.

De plus, les questions de l'entretien ont dû être modifiées et adaptées pour le deuxième entretien. Cette mise à jour peut avoir une incidence sur la manière dont les enseignants répondent aux questions et entraîner des changements sur les réponses. Dans certains cas, les réponses relatives à une question donnée apparaissent dans d'autres parties liées à une autre question de l'entretien, ce qui complique le processus d'analyse. Certaines réponses des enseignants se répètent, ce qui rend parfois difficile l'organisation claire des idées.

Enfin, tout cela n'annule pas les résultats obtenus, mais souligne la nécessité de consacrer suffisamment de temps à la correction des instruments de recherche.

9. Bibliographie :

Allouche, E. (2024). *Artificial intelligence and education: Apports de la recherche et enjeux pour les politiques publiques*. Ministère de l'Éducation nationale.

Basarir, L. (2022). Modelling AI in architectural education. *GU Journal of Science*, 35(4), 1260-1278.

Ben Saci, A., Marin, P., & Wolle, D. (2024). L'IA, vecteur d'évolution des métiers et des compétences. *Culture & Recherche*, 147, 82-85.

Boanca, I., Starck, S. (2019). Les compétences transversales : Un référent pertinent pour la formation ? *Recherches en éducation* n°37. Université de Nantes.

Ceylan, S. (2021). L'intelligence artificielle en architecture : une perspective pédagogique. Dans les actes de la 13e Conférence internationale sur l'éducation assistée par ordinateur (CSEDU 2021) - Volume 1 (pp. 100-107). SCITEPRESS – Publications scientifiques et technologiques.

Collectif. (2018, 1 déc.). *Compétence (selon Jacques Tardif, 2006 ; 2017)*. Magazine pédagogique – Service de soutien à la formation, Université de Sherbrooke. <https://perspectivesssf.espaceweb.usherbrooke.ca/2018/12/01/competence-selon-jacques-tardif-2006-2017/>

Fallacara, G., Costantino, D., & Cavaliere, I. (2024). Le défi de la didactique de l'architecture contemporaine : concevoir en dialogue avec l'intelligence artificielle. *SHS Web of Conferences*, 198, 02001.

Korra, C., Sadhana, A. V., Reddy Kethi Reddy, A., Yelagandula, M., & Vemula, L. (2022). Approches transmatricées dans l'enseignement de l'architecture : tirer parti de l'intelligence artificielle pour améliorer la conception, la créativité et l'intégration technique. *Revue internationale des découvertes transcontinentales (IJTD)*, 9(1), janvier-décembre.

Leach, N. (2021). *Architecture in the Age of Artificial Intelligence: An Introduction to AI for Architects*. Bloomsbury.

Lefevre, G. (2013). Compétences professionnelles. In *Dictionnaire des concepts de la professionnalisation* (p. 65-69).

Lescop, L., & Mangasaryan, A. (2024). L'IA dans la pédagogie en architecture, fondements, références, horizons. *SHS Web des Conférences*, 203, 03001.

Lukovich, T. (2023). Artificial intelligence and architecture: Towards a new paradigm. *Ybl Journal of Built Environment*, 8(1).

Mansour, N. (2024). *Redefining architectural pedagogy: Navigating the integration of Midjourney AI in design education*. Paper presented at the ACSA 112th Annual Meeting: Disrupters on the Edge, Vancouver, BC.

Marsault, X., Guéna, F., Hochscheid, E., Silvestre, J., & Duclos-Prévet, C. (2024). Architecture et intelligence artificielle : quels enjeux ? *Culture & Recherche*, 147, 68-71.

Pengzhi, L., Baijuan L., Zhiheng L. (2024). Sketch-to-Architecture: Generative AI-aided Architectural Design Ideation.

Perrenoud, P. Des savoirs aux compétences : les incidences de l'approche par compétence sur le métier d'enseignant et sur le métier d'élève [au collégial]. *Pédagogie collégiale* Vol. 9, no 2, déc. 1995, p. 6-10, 2015.

Saporta, G. (2023). Histoire et enjeux de l'IA. In F. Guénot (Ed.), *L'IA éducative* (pp. 41-50). Bréal.

Scallon, G. (2004). L'évaluation des compétences et l'importance du jugement. *Actes du colloque de l'Association québécoise de pédagogie collégiale (AQPC)*, 201-232. Université Laval.

Shitao-jin, Tu, H., Li, J., Fang, Y., Qu, Z., Xu, F., Liu, K., & Lin, Y. (2024). Améliorer l'enseignement de l'architecture grâce à l'intelligence artificielle : une étude de cas d'un cours de programmation et de conception architecturale assistée par l'IA.

10. Annexes :

Les annexes comprennent les deux entretiens et les réponses au questionnaire rempli par 20 étudiants. Elles ont été incluses dans un deuxième volume afin de ne pas surcharger le mémoire.