

## De la modélisation à la variation : Retour sur un dispositif pédagogique de re-modélisation assisté par IA

### From modelling to variation: Reflections on an AI-Assisted Re-Modelling Pedagogical Framework

Wided Arfaoui<sup>1, 2, 3 \*</sup>

- <sup>1</sup> Docteure et Maitre-assistante en Architecture (ENAU)
- <sup>2</sup> Ecole nationale d'architecture et d'urbanisme de Tunis, Université de Carthage (Tunisie)
- <sup>3</sup> Laboratoire GADEV / UMRAN

**Résumé :** Cet article présente une expérimentation pédagogique conduite à l'ENAU de Tunis (février-mai 2024, 80 étudiant-e-s de 4e année) intégrant l'IA générative dans l'enseignement de l'informatique appliquée à l'architecture. Le dispositif s'est structuré en trois phases : une première étape de remodelisation paramétrique d'édifices contemporains au LOD 100 (Revit, Dynamo, Rhino, Grasshopper), suivie d'une phase de contextualisation urbaine et, enfin, l'exploration de variations formelles spéculatives générées par diverses IA (PromeAI, Stable Diffusion, Midjourney). Les résultats dressent le portrait d'une appropriation ambivalente. D'une part, l'IA s'impose comme un puissant catalyseur : elle accélère l'exploration visuelle, multiplie les alternatives formelles et stimule l'imagination. D'autre part, les étudiants se heurtent à des défis techniques (bugs, lenteurs), à l'opacité algorithmique (imprévisibilité des résultats), aux biais esthétiques. De plus, la difficulté à maintenir une distance critique face à la facilité de l'outil interpelle la pédagogie : cette tendance au moindre effort oblige l'encadrement à stimuler constamment les étudiants pour qu'ils ne cèdent pas à la facilité algorithmique. En conclusion, cette expérience souligne la nécessité de développer une alphabétisation à l'IA (*AI literacy*), compétence essentielle pour dialoguer avec la machine sans renoncer à l'intention conceptuelle humaine, tout en reconnaissant que cette pédagogie reste en construction.

**Mots-clés :** Pédagogie de l'architecture, IA générative, Modélisation paramétrique, Alphabétisation numérique (*AI literacy*), Pensée critique

**[Abstract :** *This article presents a pedagogical experiment conducted at ENAU in Tunis (February-May 2024, 80 fourth-year students) integrating generative AI into the teaching of applied computing in architecture. The framework is structured around three phases: parametric re-modeling of contemporary buildings at LOD 100 (Revit, Dynamo, Rhino, Grasshopper), urban contextualization, and speculative formal variations generated by AI (PromeAI, Stable Diffusion, Midjourney). The results reveal an ambivalent appropriation: while AI accelerates visual exploration, multiplies formal alternatives, and stimulates imagination, students face technical challenges (bugs, slowdowns), algorithmic opacity (unpredictability of results), aesthetic biases, and difficulty maintaining critical distance, which sometimes encourages a tendency toward the path of least resistance. In conclusion, this experience highlights the need to develop AI literacy, an essential skill for engaging with the machine without relinquishing human conceptual intent, while acknowledging that this pedagogy remains under construction.]*

**Keywords :** *Architectural education, Generative AI, Parametric modeling, AI literacy, Critical thinking*



## **1. L'EXPÉRIMENTATION PÉDAGOGIQUE : UN RETOUR D'EXPÉRIENCE**

Dans le cadre de l'enseignement de l'informatique appliquée à l'architecture à l'École Nationale d'Architecture et d'Urbanisme de Tunis, une expérimentation pédagogique a été menée entre février et mai 2024 auprès d'une population de 80 étudiant·e·s de la quatrième année du diplôme national d'architecte, réparti·e·s en 20 groupes de quatre. L'objectif était d'intégrer l'intelligence artificielle générative dans un exercice de remodelisation architecturale et de développer une culture numérique critique.

Cette expérimentation s'est déroulée sur 12 séances hebdomadaires de deux heures qui étaient articulées autour de la re-modélisation de références architecturales au LOD 100 (Level of Development), puis de l'utilisation d'outils de modélisation paramétrique (Revit, Dynamo, Rhino, Grasshopper) et d'IA générative (PromeAI, Stable Diffusion, Midjourney) pour la contextualisation urbaine et la génération de variations formelles.

L'émergence des IA génératives reconfigure potentiellement les processus de conception et les représentations du projet. Si ces technologies offrent des perspectives pour l'exploration formelle, elles soulèvent également des enjeux critiques liés à la reproductibilité des biais, à l'opacité algorithmique et à leur impact environnemental. Une pensée critique sur l'utilisation des outils est donc essentielle pour former des architectes aptes à opérer de manière éclairée dans un environnement technologique en constante évolution.

Chaque groupe choisissait une œuvre parmi un corpus de neuf édifices contemporains (1959-2018) : Musée Guggenheim (Frank Lloyd Wright), Opéra de Sydney (Jørn Utzon), Dancing House (Gehry & Milunić), Auditorio de Tenerife et World Trade Transportation Center (Santiago Calatrava), Heydar Aliyev Center et Morpheus Hotel (Zaha Hadid Architects), The Hive (Heatherwick Studio) et Maison Dior Séoul (Christian de Portzamparc), certains édifices étant choisis par plusieurs groupes. Ce corpus a été délibérément choisi pour sa complexité formelle et spatiale, propice à l'apprentissage des outils paramétriques. Ces œuvres nourrissent un imaginaire architectural

fécond, mais suscitent également des critiques liées à leur empreinte environnementale et à une esthétique globalisée peu ancrée dans son environnement immédiat. Cette ambivalence constitue un point de départ pour développer une approche critique dans l'enseignement de l'architecture.

L'exercice proposait la remodelisation, sous Revit<sup>1</sup>, d'une maquette numérique de ces bâtiments au LOD 100. Le recours volontaire à ce niveau de détail minimal avait pour objectif de libérer les étudiant·e·s des contraintes liées à une reproduction exhaustive, afin de recentrer leur attention sur les principes compositionnels essentiels des édifices : volumétrie générale, articulation des masses bâties et logique de distribution spatiale. Si cette approche favorise la critique et la hiérarchisation des données essentielles, elle suppose néanmoins une limite assumée : certains aspects plus fins de l'expérience spatiale, liés aux choix structurels et constructifs, ne peuvent être pleinement restitués. Cependant, cette tension entre simplification et perte de richesse fait partie intégrante de l'apprentissage, car elle oblige à interroger le degré d'abstraction pertinent pour l'analyse architecturale.

Le choix du travail en groupe permettait de répartir les tâches et de mutualiser les compétences, favorisant l'apprentissage collaboratif et la réflexion critique sur les choix de modélisation.

Pour structurer cet apprentissage, le projet a été organisé en quatre étapes distinctes, chacune offrant des opportunités d'apprentissage spécifiques et des défis inattendus pour les étudiant·e·s.

### **1.1 Modélisation simplifiée de l'édifice (LOD100) – outils : Revit, Dynamo, Rhino, Grasshopper, ChatGPT**

La première phase (séances 1 à 4) a débuté par le choix d'un édifice, validé par l'enseignant, suivi d'une recherche documentaire préalable. Cette étape exploratoire permettait aux groupes de réunir les ressources nécessaires (plans, coupes, perspectives, photographies) et de combler les éventuelles lacunes documentaires avant d'entamer la modélisation simplifiée au LOD 100.

#### **Le cas du Heydar Aliyev Center : complexité géométrique et apprentissage paramétrique**

professionnelle du BIM. Ce choix reste cohérent avec le parcours de formation tout en permettant l'exploration ponctuelle d'outils paramétriques (Dynamo, Grasshopper) lorsque les géométries le nécessitent.

---

<sup>1</sup> Le choix de Revit et l'environnement Autodesk repose sur la cohérence avec le cadre pédagogique de l'école, où les étudiant·e·s sont déjà formé·e·s à ces outils. Il permet une continuité d'apprentissage, une mise en contexte réaliste des projets et un flux de travail efficace, tout en préparant les étudiant·e·s à des standards largement utilisés dans la pratique

De la modélisation à la variation : Retour sur un dispositif pédagogique de re-modélisation assisté par IA  
Wided Arfaoui

Le travail sur le Heydar Aliyev Center illustre les défis rencontrés par les étudiant-e-s face aux formes sculpturales contemporaines. Les étudiant-e-s ont initié le travail par la modélisation du site avec InfraWorks (Autodesk), étape préparatoire pour inscrire le projet dans son contexte réel, avant d'importer ce modèle dans Revit afin d'établir un modèle socle prêt pour un process BIM de modélisation (Fig. 1).

Ensuite, ils ont été confronté-e-s à la complexité des courbes de la façade, ce qui a nécessité une adaptation à l'utilisation d'outils de modélisation paramétrique. Après plusieurs tentatives avec des méthodes de modélisation initiales dans Revit, le groupe a exploré différentes approches dans Dynamo, incluant l'utilisation de scripts pour

générer des surfaces complexes à partir de points de contrôle (Fig. 2 et 3).



Fig. 1 Le site du Heydar Aliyev Center, initialement élaboré dans Autodesk InfraWorks, est importé dans Revit pour constituer le socle de la maquette

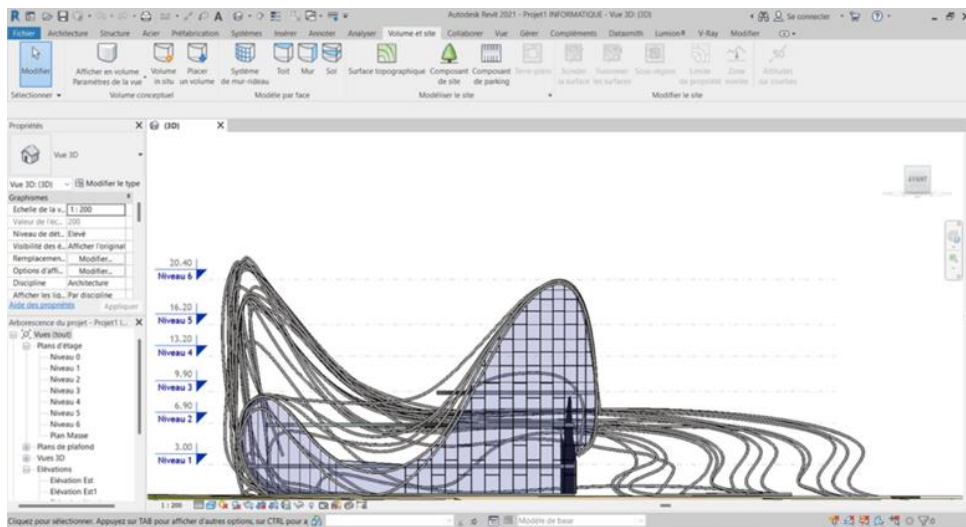


Fig. 2 Modélisation paramétrique de la façade du Heydar Aliyev Center (Revit, Dynamo) montrant les difficultés rencontrées par les étudiant-e-s

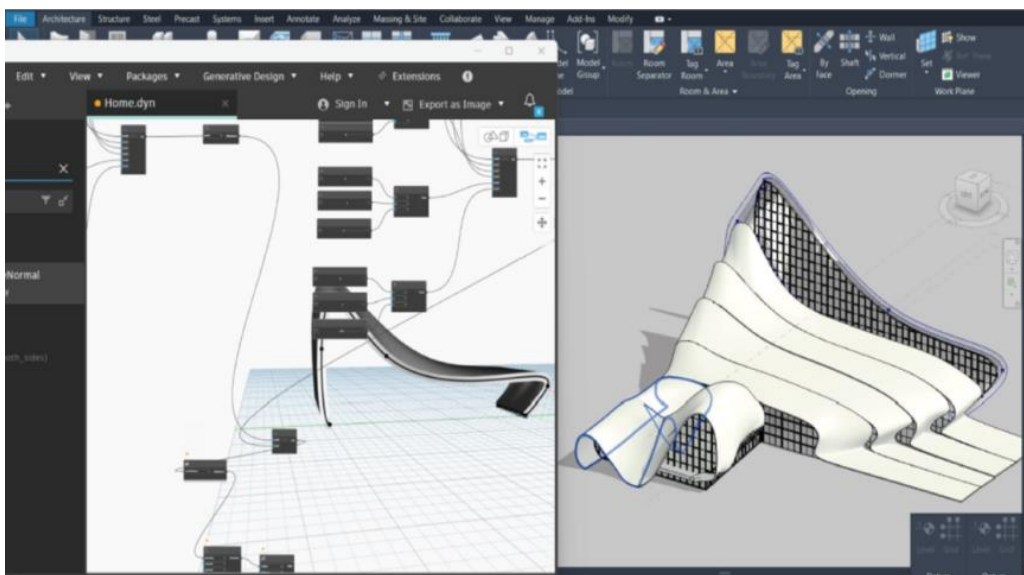


Fig. 3. Travail d'un groupe sur la modélisation paramétrique : adaptation de Revit et Dynamo pour reproduire les formes architecturales complexes

Cette étape a mis en évidence l'importance de la précision et de la maîtrise des outils de paramétrisation. Face aux difficultés de scripting Python dans Dynamo, certains membres du groupe ont sollicité ChatGPT pour générer des boucles de division de courbes et des algorithmes de placement de points. Les résultats obtenus nécessitaient systématiquement des ajustements manuels importants, révélant que l'IA offrait un gain de temps initial mais pas une solution directement opérationnelle. Cette expérience a amorcé une première réflexion sur le rôle de l'IA comme assistant plutôt que comme substitut à la compréhension algorithmique.

La gestion des intersections complexes entre surfaces a conduit les étudiant-e-s à affiner leurs compétences en topologie et en manipulation de maillages, suscitant également des discussions sur la manière dont les logiciels interprètent et construisent les formes, ce qui dépasse la simple connaissance des commandes. Ces

expérimentations ont montré que la modélisation paramétrique ne se limite pas à une reproduction géométrique, mais engage une réflexion sur la manière dont les outils numériques traduisent un système formel.

#### **Autres cas explorés : diversité des approches paramétriques**

D'autres groupes ont exploré des défis similaires avec des stratégies variées. Un étudiant travaillant sur le World Trade Transportation Center de Calatrava a décomposé la géométrie des "ailes" en une série de profils paramétriques qu'il a ensuite assemblés, transformant ainsi l'exercice de modélisation en analyse critique de la logique structurelle et conceptuelle de l'œuvre (Fig. 4). Cette approche dépasse le simple apprentissage technique pour faire du logiciel un outil d'investigation architecturale et d'analyse autant que de production.

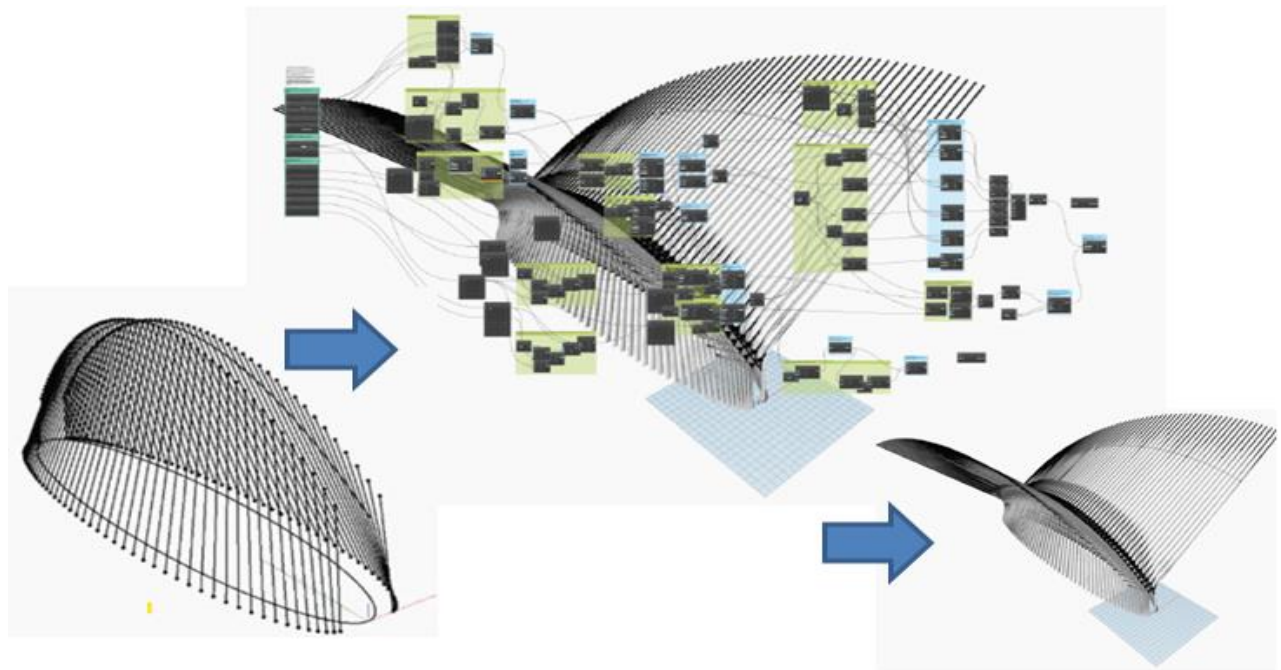


Fig. 4. Décomposition paramétrique des "ailes" du World Trade Transportation Center dans Revit/Dynamo, illustrant l'analyse de la logique structurelle du bâtiment



Le groupe travaillant sur le Bund Finance Center a exploré la façade cinétique caractérisée par des tubes verticaux guidés par trois rails circulaires, en utilisant Rhinoceros et Grasshopper après un premier travail dans Revit. Ce transfert a révélé des défis concrets : l'exportation IFC n'a pas réussi à préserver les relations paramétriques de la façade, transformant la géométrie complexe en une simple

maille statique dans Rhinocéros. Face à cette perte de données, les étudiants ont dû contourner le problème en réimportant la géométrie via un format DWG plus simple, puis en reconstruisant manuellement la logique cinétique dans Grasshopper, ce qui a engendré une perte de temps significative. (Fig. 5 et 6).

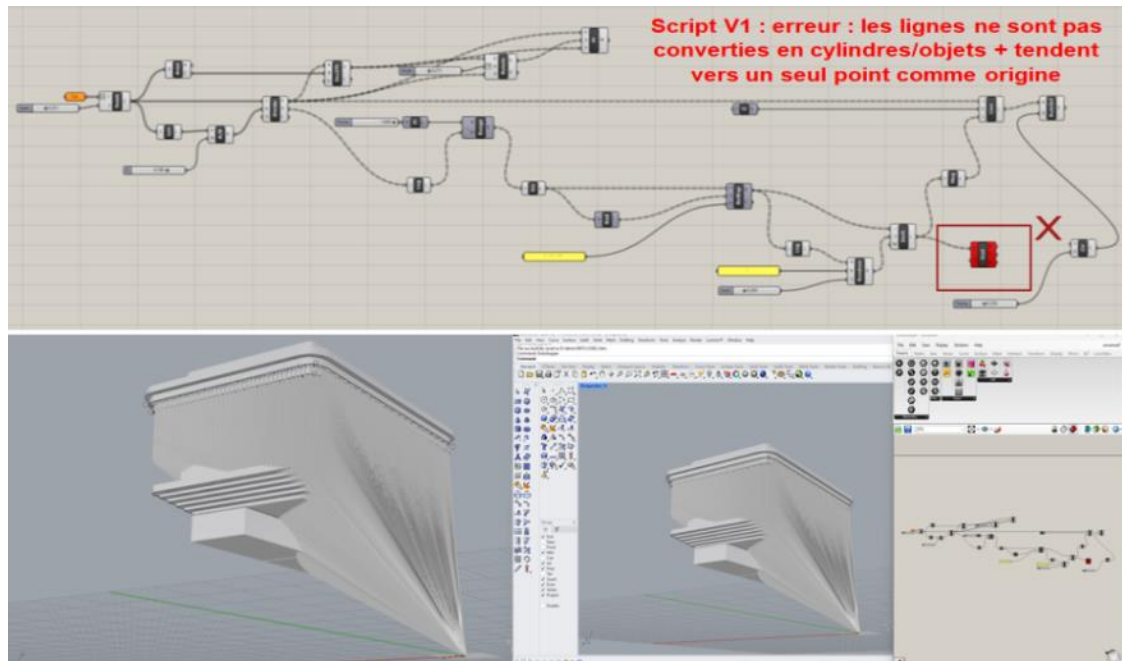


Fig. 5. Placement paramétrique des cylindres sur les rails circulaires de la façade cinétique, illustrant les ajustements nécessaires pour la modélisation

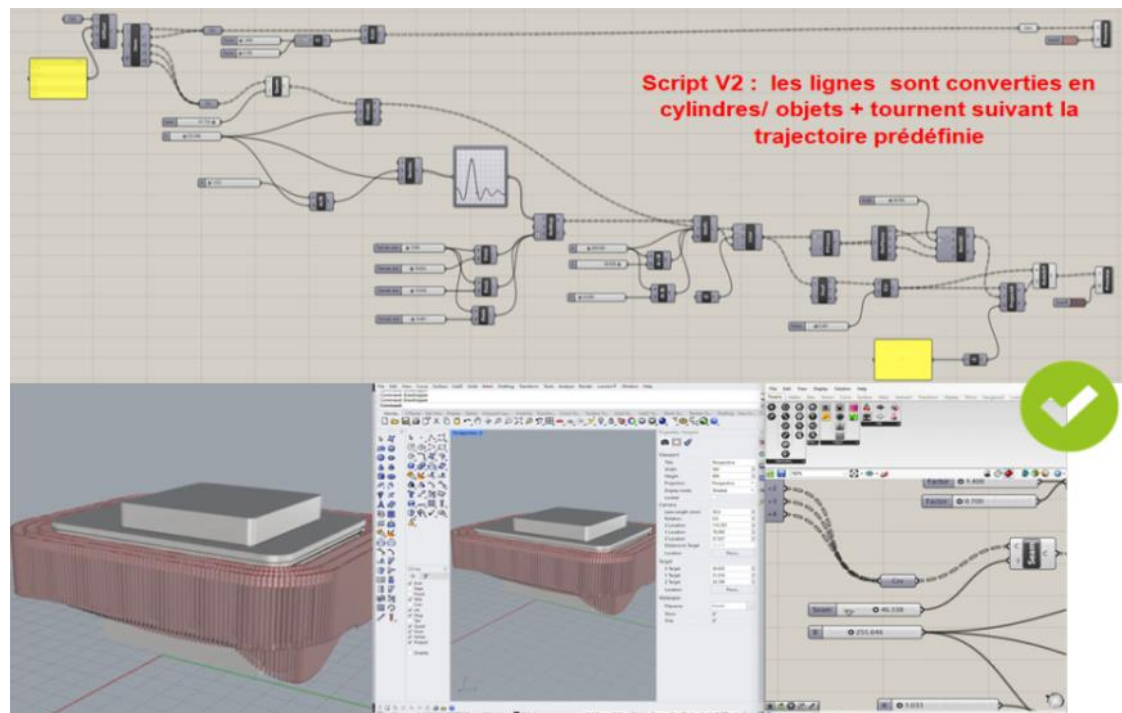


Fig. 6. Génération paramétrique de la façade cinétique dans Grasshopper, avec répartition régulière des cylindres et simulation des variations de hauteur et de rotation



Enfin, le travail sur le Morpheus Hotel a mis en évidence des difficultés techniques liées à l'extrusion de l'exosquelette : certaines géométries restaient ouvertes, générant des erreurs d'affichage qui ont pu être contournées en simplifiant le profil d'extrusion (Fig. 7).

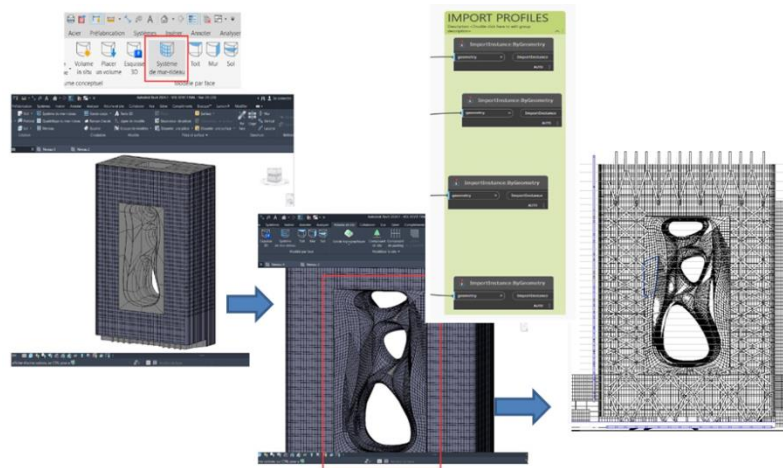


Fig. 7. L'exosquelette paramétrique du Morpheus Hotel généré dans Revit pas le biais de Dynamo

**Regard enseignant : limites pédagogiques observées :** Cette phase a révélé plusieurs tensions. Le LOD100, pensé pour libérer de la reproduction détaillée, a parfois dérivé vers l'approximation géométrique, évacuant les enjeux architecturaux. L'hétérogénéité des compétences logicielles a créé des déséquilibres dans les 1/6<sup>ème</sup> des groupes. La réussite n'était pas tant une question de maîtrise technique que de discernement : elle dépendait de la capacité des étudiants à diagnostiquer les erreurs, à simplifier et à faire preuve de jugement pour choisir la bonne approche parmi les outils disponibles.

**Retour des étudiant·e·s :** Les vécus furent contrastés. Dans les groupes déséquilibrés, certain·e·s ont subi une surcharge technique portant à bout de bras les problèmes logiciels, tandis que d'autres se sentaient mis à l'écart et frustrés de ne pas pouvoir contribuer. En outre, la consigne LOD100 fut libératrice pour certain·e·s, chez d'autres, elle a généré de l'incertitude : jusqu'où peut-on simplifier sans trahir le projet ?

## 1.2 Contextualisation urbaine générée par IA à partir d'un flux Revit/Rhino → Twinmotion → Greffons IA (PromeAI, Stable Diffusion)

La deuxième étape (séances 5 à 7) a introduit explicitement l'utilisation de l'IA générative pour créer une contextualisation urbaine autour du bâtiment modélisé, sans avoir à modéliser la topographie et les édifices environnants un à un.

L'objectif était de générer rapidement des images de projet intégrant le modèle architectural dans un environnement urbain réaliste. Les étudiant·e·s ont utilisé des outils comme Stable Diffusion et PromeAI à partir de rendus extraits de Twinmotion ou directement de leurs modèles Revit/Rhino.

### Le cas du Bund Finance Center : apprentissage itératif de la formulation de prompts

Le travail d'une étudiante sur le Bund Finance Center illustre l'apprentissage progressif nécessaire pour interagir efficacement avec les générateurs d'images. Après plusieurs tentatives avec des requêtes génériques comme "ville moderne" ou "centre d'affaires moderne", qui produisaient des contextes urbains décontextualisés et non localisés, elle a progressivement affiné ses prompts pour intégrer des éléments contextuels spécifiques. Cette approche itérative a permis d'obtenir une représentation plus fidèle du site et d'évaluer plus précisément l'intégration visuelle du projet (Fig. 8a-b).



Fig. 8a-b – Évolution de l'image de projet - Bund Finance Center : de Twinmotion à ProméAI

### La question des qualificatifs architecturaux : limites conceptuelles des prompts

C'est là que l'expérimentation a révélé une limite, non pas de l'outil, mais de la méthode. J'ai vu certaines étudiant·e-s utiliser des qualificatifs généralisant comme "architecture haussmannienne" pour des contextes non parisiens, ou "style européen classique" pour des quartiers asiatiques. Là où la modélisation 3D classique nous oblige à une compréhension précise des spécificités architecturales (proportions, matériaux, logiques constructives), les prompts, par leur nature, encouragent des raccourcis stéréotypés. Ce constat a nourri des discussions en atelier : peut-on vraiment réduire un contexte urbain riche à quelques mots-clés ? Ces générateurs, qui ne traitent finalement que des pixels et *patterns* visuels, n'induisent-ils pas une superficialité par rapport à l'analyse spatiale et culturelle que l'on attend d'un architecte ?

### Autres expérimentations : Maison Dior et limites du contrôle

Un groupe a travaillé sur la Maison Dior de Séoul, générant une vue aérienne nocturne avec immeubles simplifiés, plan d'eau et éclairage accentuant les courbes (Fig. 9a-b). Cependant, les détails architecturaux des bâtiments environnants générés par l'IA présentaient un style nord-américain, en contradiction flagrante avec l'urbanisme contemporain de Séoul, soulevant des questions sur les limites des outils génératifs pour la restitution du réel. Le défi majeur fut la cohérence stylistique entre modèle 3D et environnement

généralisé, nécessitant ajustements manuels ou itérations répétées.

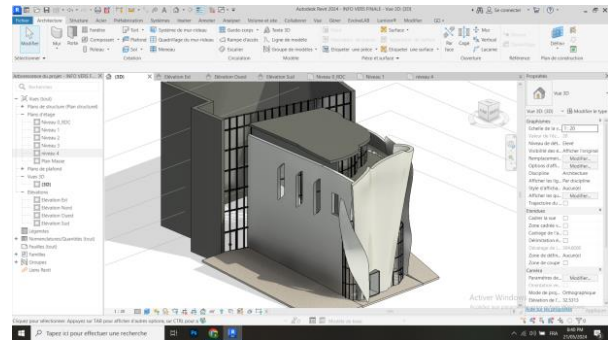


Fig. 9a-b. Comparaison entre le modèle Revit isolé de la Maison Dior (a) et son intégration contextuelle simulée par IA via ProméAI (b)

### Enseignements : rapidité versus précision technique

**Regard enseignant :** Cette phase a été pour moi une leçon de pédagogie en temps réels. J'ai observé l'importance de la formulation précise des requêtes : c'est la nouvelle grammaire de l'interaction avec la machine. Le travail avec l'IA est fondamentalement itératif, j'ai vu les étudiants se lancer dans une série d'essais-erreurs, et la quantité d'images ratées était significative, avant d'atteindre un résultat visuellement acceptable.

Le véritable enjeu pédagogique est apparu clairement : comment faire comprendre la distinction fondamentale entre une image de projet (destinée à la communication visuelle) et un modèle numérique (outils pour la conception et la production technique) ? Le déclic fut provoqué en les confrontant aux limites pratiques de l'image générée par l'IA dès qu'il fallait continuer le processus de conception.

**Retour des étudiant·e-s :** Au début, les étudiant·e-s ont constaté qu'un prompt bien formulé semblait parfois remplacer avantageusement une modélisation environnementale complète sous Revit ou InfraWorks. Toutefois, ils ont progressivement compris la fragilité de cette substitution. Le déclic s'est opéré lorsqu'ils ont réalisé que, malgré sa rapidité, l'image générée n'était qu'une illusion de conception. Confrontés à la nécessité de poursuivre

le projet, ils ont compris que ces images se seraient révélées inutiles et auraient dû être entièrement refaites à partir d'un modèle technique précis. Ce constat a été l'élément clé qui a favorisé la compréhension de la nécessité d'un modèle fiable comme fondement de toute approche architecturale sérieuse.

### 1.3 Variations formelles générées par IA (PromeAI, Stable Diffusion, Midjourney, ChatGPT)

La troisième phase (séances 8 à 10), axée sur les variations formelles, a été la plus exploratoire et a généré des réactions contrastées chez les étudiant·e·s. L'objectif était d'utiliser des intelligences artificielles génératives à partir de visuels extraits de leurs maquettes BIM pour générer de nouvelles images architecturales. Ces outils ont servi à manipuler les formes du bâtiment modélisé, explorant des variations inattendues dans leur matérialité, leur atmosphère et leur intégration contextuelle. Cette étape visait à modifier la perception, passant d'une maquette rigide à une lecture ouverte et spéculative de l'architecture.

Sur consigne explicite de l'enseignant, les étudiant·e·s ne devaient pas considérer ces productions comme des résultats finaux aboutis, mais comme des supports d'expérimentation à transformer. En variant les prompts textuels, parfois assistés par ChatGPT pour la formulation en anglais, ils ont pu tester différentes matérialités, ambiances ou scénarios, et affiner les rendus par postproduction (notamment avec des outils de retouche pour corriger les artéfacts visuels).

#### Le cas du Morpheus Hotel : variations "durables" et limites de la pensée systémique

Le travail le plus révélateur a concerné le Morpheus Hotel. Un groupe a décidé d'explorer sa transformation en version "écologique" : façades végétalisées, panneaux photovoltaïques et modifications structurelles pour l'isolation thermique. Les images générées par Stable Diffusion après 200 itérations ont servi de support spéculatif (Fig. 13a, b, c).



Fig. 10a. Vue réaliste servant d'ancrage pour les spéculations – générée à partir de PromeIA ;



Fig. 10b. Détournement spéculatif du Morpheus Hotel généré par stable diffusion: (b) bâtiment en ruines, 'post-apocalyptique' ;



Fig. 10c. Détournement spéculatif du Morpheus Hotel généré par stable diffusion © en une version *Biophilisé* d'après l'IA ;

Le moment du débriefing a été un tournant. Les étudiant·e·s se sont montrés sceptiques face à leurs propres productions. Plusieurs contradictions ont émergé : le paradoxe méthodologique (le cout carbone d'environ 200 itérations d'images), l'absence de pensée systémique (aucune réflexion sur les matériaux locaux, l'énergie grise ou les impacts socioéconomiques), la forme non questionnée (l'enveloppe spectaculaire conservée sans interroger sa pertinence environnementale), et le vocabulaire creux (terme "biophilique" utilisé sans compréhension).

Cette situation illustre ce que des chercheurs et praticiens désignent comme le *greenwashing* en architecture, c'est-à-dire l'usage de dispositifs « verts » pour embellir l'apparence d'un projet plutôt que pour opérer une véritable transformation. Nous avons utilisé l'analyse de l'Atelier d'Écologie Politique, (2022) pour décortiquer cela : le recours à une simple enveloppe « verte », ou « biophilique » sert souvent à masquer l'inertie des structures fondamentales. Dans ce contexte, la démarche des étudiants, se limitant à une simple enveloppe « biophilique » sans interroger le fond du projet, constitue un exemple typique de cette tendance à privilégier l'apparence plutôt que l'efficacité réelle.

Mais, le plus important, c'est leur lucidité dans l'autocritique. Ils ont reconnu que leur production n'était qu'un simulacre écologique. C'est l'apport principal de cette phase : ils ont saisi comment la séduction visuelle peut masquer l'incohérence architecturale et générer un "greenwashing" involontaire. L'enveloppe spectaculaire conservée sans questionnement environnemental nous a permis de faire le lien avec le concept de "Junkspace" de Koolhaas (2002, p. 176) ou la primauté de l'apparence et de l'enveloppe éclipse la performance structurelle et fonctionnelle. Finalement, l'analyse critique menée par les étudiants relie la problématique contemporaine du *greenwashing* à une observation plus générale sur la superficialité des interventions architecturales, montrant que le fond pourra être éclipsé par la forme.

### Le cas du Heydar Aliyev Center : variations organiques et questionnements fonctionnels

Un groupe a expérimenté des transformations du Heydar Aliyev Center avec des prompts comme "Heydar Aliyev Center merged with tree roots, organic architecture" ou "building integrated with natural rock formations", le faisant apparaître fusionné avec des racines d'arbres ou des formations rocheuses (Fig. 11a-c).

Lors de la présentation finale, la discussion engagée s'est orientée vers les enjeux soulevés par Vincent Gauthier (2022) dans sa critique de l'architecture numérique. Les membres de jurys et l'enseignant ont ainsi interrogé le groupe sur ses objectifs : s'agissait-il d'explorer une intégration paysagère radicale ou, plus fondamentalement, de questionner les limites entre naturel et artificiel ?



Fig. 11a Détournement formel du Heydar Aliyev Center en une image spéculative : (a) Intégration organique avec des éléments racinaires.



Fig. 11b Détournement formel du Heydar Aliyev Center en une image spéculative: (b) Transformation du contexte urbain par une étendue d'eau.



Fig. 11c. Détournement formel du Heydar Aliyev Center en une image spéculative : (c) Interprétation structurelle alternative inspirée d'arcs fluides.

Le groupe a reconnu que son objectif était de radicaliser l'aspect organique « hadidienne » vers un biomimétisme littéral. Les images produites étaient visuellement frappantes mais ont soulevé des interrogations sur leur faisabilité architecturale : comment assurer l'accessibilité, l'étanchéité ou la stabilité structurelle de telles hybridations ?

Cette démarche a ainsi révélé les limites de l'IA générative. Bien que son usage puisse produire des images architecturales spectaculaires, parfois féroce ment séduisantes visuellement. Ces représentations ne garantissent en rien la viabilité technique, structurelle ou écologique du projet. Comme le montrent Bergera & de Esteban (2022), la culture visuelle contemporaine tend à valoriser l'image pour elle-même, au risque de confondre rendu et réalité.

### Autres cas explorés :

Un groupe a exploré la transformation du Sydney Opera House via Midjourney en appliquant le style baroque. L'image générée (Fig. 12) a réduit le baroque à des ornements décoratifs superficiels, ignorant sa dimension spatiale, alors même que l'Opéra original partage déjà une affinité conceptuelle avec la théâtralité baroque. La satisfaction visuelle immédiate semble avoir inhibé un questionnement plus approfondi : les étudiants sont restés dans l'émerveillement technique plutôt

que dans l'analyse critique des stéréotypes stylistiques produits par l'IA. Cette expérience souligne la nécessité de développer une *AI literacy* capable de déconstruire les stéréotypes visuels produits par l'IA plutôt que de s'en satisfaire.



Fig. 12 Détournement formel en une Opera de Sydney baroquisé généré par Midjourney

Un groupe a généré des variations de l'Auditorio de Tenerife conservant la courbe caractéristique tout en modifiant sa silhouette (Fig. 13). Contrairement au cas du projet Morpheus, aucune remodelisation, analyse des coupes ou réflexion programmatique n'ont été menées. Les images sont restées des productions visuelles déconnectées d'un processus de conception, illustrant l'un des défis pédagogiques majeurs : dépasser la simple génération d'images pour engager une réflexion architecturale articulant la complexité du projet.



Fig. 13 Simulacre de l'Auditorio de Tenerife généré suite au détournement formel par Midjourney

### Apprentissages techniques et statut des images produites

**Regard enseignant :** Pour l'évaluation finale, j'ai exigé que les étudiants documentent leur processus itératif. Ils devaient présenter trois versions successives de leurs images avec son prompt correspondant : la version 1 (l'image brute, souvent pleine d'artéfacts visuels), la version 2 (après l'application de "negative prompts"), et la version 3 (après un posttraitement manuel). Cette documentation n'était pas qu'une simple formalité, elle a permis de vérifier l'acquisition de la compétence itérative et surtout d'ouvrir une réflexion sur le statut des images : Sont-elles de la communication ? De la spéculation formelle ? Ou,

plus radicalement, des "simulacres" au sens de Baudrillard (1981) : des représentations séduisantes, mais architecturalement creuses ? J'ai forcé les étudiant·e·s à qualifier explicitement leurs productions selon ces catégories.

**Retour des étudiant·e·s :** Les difficultés initiales ont tourné autour de la maîtrise des prompts et la gestion des artéfacts visuels. J'ai noté une fascination pour la vraisemblance visuelle des images, mais cette fascination était trempée par la reconnaissance de l'écart avec la géométrie constructible. Ce qui m'a plus marqué, c'est qu'ils ont apprécié l'exercice de catégorisation : cela les a contraints à expliciter leurs intentions et à ne plus se cacher derrière la beauté de l'image générée.

### 1.4 Retour réflexif sur l'ensemble de la démarche

Les séances finales (8-10) ont organisé une réflexion approfondie sur l'impact des outils numériques. Le travail en groupe, central dans cette expérimentation, s'est appuyé sur des débriefings sous forme de tours de table organisés par thématiques (maîtrise technique, processus créatif, dimension éthique) où les étudiant·e·s ont partagé expériences et solutions : « Comment as-tu contourné ce bug ? » Ce cadre collaboratif a renforcé l'entraide et permis le développement de compétences méthodologiques : formuler des prompts précis, tester des variantes, documenter les essais, analyser les résultats.

En effet, cette tendance de l'IA à produire des simulacres (des images séduisantes mais déconnectées des réalités physiques), particulièrement visible dans le détournement formel de l'Auditorio de Tenerife. Cependant, au lieu de s'arrêter à ces visions spectaculaires, le processus itératif a poussé les étudiants à une analyse critique.

En effet, l'IA a bien agi comme un révélateur d'imprécision. Un groupe, par exemple, a constaté que l'IA produisait systématiquement des aberrations architecturales similaires à ces simulacres, comme des portes à faux, structurellement irréalistes ou des ruptures d'échelle violente. En analysant ces erreurs, les étudiants ont compris qu'elles n'étaient pas aléatoires mais qu'elles résultaient des faiblesses de leur propre modèle contextuel. Ils sont donc retournés à l'étape de contextualisation pour modéliser précisément la topographie.

Une fois cette correction apportée, les générations suivantes ont montrées une meilleure assise du projet dans son site. L'aberration initiale, simple simulacre formel, a ainsi été transformée en un outil de diagnostic, forçant le groupe à passer d'une vision décontextualisée à une modélisation ancrée.

### **Débats éthiques : trois postures émergentes**

Nos discussions sur l'éthique et l'environnement (deux séances de 2h) ont révélé une grande disparité des connaissances initiales sur l'impact environnemental du numérique. Si certain·e·s connaissaient les enjeux, la majorité a fait une découverte. Après présentation de données chiffrées sur la consommation énergétique et hydrique des infrastructures d'IA, une étudiante a enrichi le débat en soulignant que certains services IA, tels que ChatGPT, utilisent de grandes quantités d'eau pour le refroidissement des serveurs (ex : environ 700 000 L/ jour pour un datacenter moyen), en plus de la consommation énergétique associée.

Le débat s'est structuré autour de trois positions claires : le groupe de l'efficacité productive (malgré le coût environnemental), celui de la remise en question radicale, et l'approche de l'usage raisonné et ciblé. Nous avons ainsi pu aborder l'impact énergétique des calculs intensifs, les limites techniques (bugs, licences temporaires, abonnements onéreux), et le défi de l'interopérabilité (format IFC).

Bien qu'aucun consensus n'ait été atteint, j'ai observé un déplacement très positif : les plus enthousiastes ont nuancé leur position, envisageant de limiter l'usage de l'IA générative dans leurs futurs projets. Inversement, les plus critiques ont reconnu une utilité ponctuelle pour l'exploration. Retenons que le manque de temps et de données comparatives précises (empreinte carbone d'une modélisation traditionnelle vs. IA) a toutefois limité la profondeur du débat.

### **Processus créatif : entre émancipation et aliénation**

Notre réflexion sur l'influence des outils a généré des tensions productives. L'expérience d'un étudiant qui se sentait « prisonnier » de suggestions de Midjourney, en tenant d'obtenir une esthétique urbaine locale, a servi de cas d'étude. Cela nous a menés à discuter de l'alphabétisation à l'IA (AI literacy) : comprendre, même partiellement, les mécanismes sous-jacents pour mieux orienter et interpréter les productions.

Certain·e·s ont noté une productivité accrue et une capacité à explorer rapidement de multiples options. D'autres ont exprimé un sentiment de perte de connexion avec le travail manuel de dessin et de modélisation. Ces échanges ont souligné la nécessité d'une approche critique et sélective qui évalue au cas par cas la pertinence de l'IA, privilégiant un équilibre entre efficacité technologique et profondeur conceptuelle.

### **La phase de variation formelle : un moment pédagogique décisif**

La phase de variation formelle (séance 6) est ressortie comme l'un des moments les plus féconds. En transformant des icônes architecturales (Opéra de Sydney, Morpheus Hotel) à travers les générateurs d'images, les étudiant·e·s ont éprouvé la double dynamique de fascination et de frustration inhérente aux outils d'IA : fascination pour la rapidité de génération et la variété des scénarios, frustration face au manque de contrôle et aux incohérences formelles.

Cette tension a ouvert un espace critique qui a dépassé le simple exercice formel, soulevant la question du statut de ces productions visuelles. Lorsque les images présentent des aberrations structurelles (porte-à-faux impossibles, matériaux incohérents, échelles incompatibles), elles ne peuvent prétendre au statut d'images de projet au sens architectural, qui implique rigueur constructive et faisabilité technique.

Les variations formelles ont ainsi servi de support pédagogique essentiel : le but n'était pas de les valider comme représentations fiables ou propositions spéculatives rigoureuses, mais de les manipuler, questionner et transformer pour en faire des supports d'apprentissage critique. Le processus itératif décrit précédemment, pendant lequel les étudiants ont dû corriger leur propre modèle pour mieux orienter l'IA, a directement mené à une prise de conscience plus large. Cette posture leur a permis de comprendre que les images générées ne sont jamais neutres : issues d'algorithmes entraînés sur des bases biaisées, elles tendent à reproduire des esthétiques globalisées et décontextualisées.

## **2. BILAN – PERSPECTIVE VERS UNE PÉDAGOGIE CRITIQUE ET SITUÉE DU NUMÉRIQUE**

### **2.1 Réappropriation critique des outils numériques**

L'expérimentation a développé une approche centrée sur l'appropriation critique des outils numériques, dépassant le simple apprentissage technique. L'objectif : repositionner les logiciels (CAO, BIM, IA générative) comme objets d'analyse, tout en maintenant une dimension productive : modélisation, génération d'images et exploration de variations formelles.

Le travail s'est appuyé sur neuf édifices contemporains choisis pour leur complexité géométrique. Cette sélection délibérément

formaliste a orienté les explorations et influencé les imaginaires mobilisés. Certains bâtiments – le Heydar Aliyev Center et le Morpheus Hotel – ont servi de cas concrets pour aborder les implications matérielles et énergétiques : formes complexes nécessitant des matériaux spécifiques et des techniques avancées.

Lors des débriefings, les étudiant·e·s ont discuté de l'influence de tels choix sur l'empreinte énergétique. La manipulation de modèles complexes a mis en évidence les limites techniques : ralentissements, bugs, instabilité. Ces constats ont nourri une réflexion sur la pertinence de ces architectures-spectacles, amenant certain·e·s à interroger leur durabilité et à envisager d'autres approches, comme notamment le biomimétisme.

Les bugs et lenteurs ont été discutés collectivement comme révélateurs de la fragilité des outils. La consommation en eau des data centers a suscité un débat sur la durabilité. Les limites de l'interopérabilité ont été concrètement expérimentées : les étudiants ont constaté que la promesse d'un format IFC universel, souvent présentée comme slogan par les promoteurs du BIM, se heurte à une réalité plus complexe. En pratique, ils ont fait face à de nombreuses pertes de données et erreurs de géométrie, les forçant à des corrections manuelles fastidieuses. Cette approche a permis de transformer chaque contrainte en une occasion de découverte. Par exemple, face à un bug récurrent, les étudiants ont appris à enquêter sur ses causes : une géométrie 3D trop complexe ? Un prompt mal formulé ? Ainsi, un simple dysfonctionnement technique est devenu une opportunité euristique, les forçant à mieux comprendre le fonctionnement interne de l'outil pour le maîtriser.

## 2.2 Travail collaboratif et évaluation par les pairs

Le dispositif pédagogique a été conçu comme un laboratoire intensif impliquant 80 étudiant·e·s de quatrième année, réparti·e·s en 20 groupes de quatre. Sur une période de 12 semaines (dont 10 séances effectives et 2 dédiés aux jurys), les séances hebdomadaires de deux heures ont permis un accompagnement ciblé de cinq groupes simultanément favorisant des échanges collectifs et réflexifs lors des débriefings.

Les discussions se sont articulées autour d'un triptyque essentiel : la maîtrise technique des outils numériques (Revit, Twinmotion, Dynamo, Grasshopper, IA génératives), la résolution

pragmatique des difficultés techniques rencontrées, et surtout, l'exploration critique de problématiques conceptuelles fondamentales, telles que l'originalité et l'influence profonde des outils sur le processus créatif.

L'évaluation par les pairs s'est révélée être le moteur du travail collaboratif. En instaurant un mécanisme de critique constructive, chaque groupe était invité à interroger les choix méthodologiques de ses collègues, à débattre des interprétations conceptuelles et à proposer des alternatives concrètes, transformant ainsi l'apprentissage individuel en une dynamique collective et exigeante.

## 2.3 Résultats et enseignements : Entre adhésion et aliénation

### Retour des étudiant·e·s

Les retours recueillis<sup>2</sup> témoignent d'une familiarisation progressive et rapide. Les données quantitatives confirment cette adoption : les 4/5 se disent plus à l'aise avec les logiciels paramétriques, les 2/3 ont appris à reformuler leurs prompts pour affiner les résultats et considèrent l'IA comme un stimulant créatif essentiel.

Cependant, cette adhésion est tempérée par des réserves critiques significatives, les 1/5 ont exprimé des doutes notables face à la production des géométries complexes aboutissant à des formes irréalisables. Qualitativement, cette friction s'est traduite par un sentiment d'aliénation : certain·e·s se sont sentis « prisonniers » des suggestions algorithmiques soulignant la nécessité de reprendre la main sur le processus de modélisation.

### Regard enseignant

Cette diversité de postures reflète une appropriation critique limitée plutôt qu'une transformation profonde. La frustration exprimée a ouvert la discussion sur l'*AI literacy* (alphabétisation à l'IA). Le mécanisme pédagogique le plus efficace n'a pas été un cours théorique, mais cette mise en situation expérimentale des étudiants. En tentant d'appliquer une imagerie écologique (racines, roches) sur une morphologie existante pensée pour répondre à d'autres enjeux, comme celle de Heydar Aliyev Center, ils se sont retrouvés à produire du « *greenwashing* » malgré eux. Cette expérience directe de la facilité avec laquelle l'IA peut produire des simulacres écologiques a provoqué une posture réflexive. Cette prise de conscience, née de la pratique, s'est avérée bien plus marquante que les discours préventifs. Toutefois, les effets concrets et durables de telles

<sup>2</sup> Ces statistiques sont issues de retours directs (questionnaire et débriefings) traduisant une progression vers une meilleure familiarité plutôt qu'une maîtrise totale.

postures restent difficiles à évaluer à l'échelle d'un enseignement plus isolément.

### 2.3 Conclusion

Le bilan de cette expérimentation révèle une dynamique ambivalence : les IA génératives captivent, mais elles suscitent tout autant de profondes réserves. Loin d'une adhésion unanime, les étudiant·e·s ont exprimé des doutes quant à la faisabilité des formes générées et, plus fondamentalement, une frustration palpable face à la dépendance algorithmique. Ces réactions soulignent la nécessité de développer une véritable alphabétisation à l'IA - *AI literacy* (Chaillou, 2021 ; Bridle, 2023). Il ne s'agit plus seulement d'utiliser l'outil, mais d'en décrypter les mécanismes de génération pour en interpréter les résultats avec une distance critique, condition *sine qua non* à leur intégration responsable.

Ce phénomène se cristallise dans l'analyse des productions, qui met en évidence un décalage fondamental entre l'image produite et l'exigence du projet architectural. Dans la lignée des travaux de Bergera et de Esteban (2022, p.1-2), nous observons que la culture visuelle contemporaine, exacerbée par la puissance de l'IA, tend à valoriser les représentations iconiques et le photoréalisme. Cette prédominance de l'image spectaculaire s'opère souvent au détriment d'une réflexion critique sur les contraintes intrinsèques au projet : matérialité, structure, et technicité. Les rendus séduisants masquent ainsi les limites réelles du concept, favorisant une approche centrée sur l'apparence plutôt que sur la rigueur constructive

ou l'impératif écologique. Néanmoins, l'exercice a mis en lumière des limites inhérentes à l'apprentissage par l'outil. La fascination immédiate pour la rapidité de génération a souvent pris le pas sur l'analyse approfondie, conduisant à une superficialité critique. De même, les discussions éthiques sont restées superficielles faute de temps et de données comparatives suffisantes pour ancrer le débat. L'appropriation critique demeure mitigée : si le 1/5 des étudiant·e·s ont manifesté un scepticisme explicite, la majorité a privilégié l'efficacité productive au détriment d'un questionnement systématique des implications de l'outil.

Ces constats dessinent les contours d'une nouvelle exigence pédagogique et ouvrent des perspectives pour l'élaboration d'une pédagogie 'assistée par IA' visant à maintenir une posture critique et réflexive. Il est impératif de reconnaître que cette pédagogie reste à construire, notamment face aux défis éthiques et juridiques posés par l'attribution de la paternité dans les processus de conception assistée par IA. Ce défi exige davantage de moments réflexifs, une documentation rigoureuse des échecs et l'expérimentation de formats alternatifs (alternance entre phases sans IA et phases avec IA).

En définitive l'intégration des IA génératives ne doit pas être perçue comme un simple prolongement technique. Elle représente une occasion unique et profonde d'interroger la relation entre conception, instruments et imaginaires à condition d'en accepter les ambiguïtés et d'assumer que cette pédagogie reste en construction.

## RÉFÉRENCES

1. Atelier d'Écologie Politique. (2022, 23 avril). Du verdissement de façade au verrouillage de l'avenir : formes et fonctions du greenwashing. Atelier d'ÉCOlogie POLitique. <https://doi.org/10.58079/d1wg>
2. BERGERA, Iñaki ; DE ESTEBAN, Javier. Architecture and Contemporary Visual Culture, the Image of Realism and the Realism of Image. MDPI, 2022. <https://doi.org/10.3390/arts11010026>
3. BAUDRILLARD, Jean. Simulacres et simulation. Paris : Galilée, 1981.
4. BRIDLE, James. Toutes les intelligences du monde. Paris : Seuil, 2023.
5. CHAILLOU, Stanislas. L'intelligence artificielle au service de l'architecture. Paris : Le Moniteur, 2021.
6. KOOLHAAS, Rem. Junkspace. October, 2002, vol. 100, pp. 175-190.