

Innovation pédagogique en aménagement urbain et rural sous la double impulsion des connaissances professionnelles et de l'intelligence artificielle : le cas de la planification des quartiers résidentiels

TIAN Li, YANG Xin, ZHANG Yudi, LIN Yuming

Résumé. La progression rapide de l'intelligence artificielle, la transformation du secteur de l'aménagement urbain et rural ainsi que la recomposition de son système de connaissances imposent de nouvelles exigences à la réforme pédagogique de la discipline. Les modèles traditionnels, dominés par la conception de l'espace physique, l'expérience de l'expert et la transmission de maître à élève, répondent de moins en moins aux jeux d'intérêts multiples de l'ère du renouvellement urbain et aux mutations technologiques. À partir de la réforme d'un atelier de planification des quartiers résidentiels, l'article explore un modèle d'enseignement à double moteur, fondé sur les « connaissances professionnelles + intelligence artificielle ». Il développe notamment un système d'interaction multi-agents reposant sur de grands modèles de langage et un générateur automatique de solutions à faible code. Ces outils renforcent l'ensemble du processus pédagogique — planification préliminaire, génération de solutions et évaluation finale —, renouvellent les contenus et les méthodes d'enseignement et développent chez les étudiants les capacités d'apprentissage interdisciplinaire et d'innovation en conception.

Mots-clés : intelligence artificielle ; enseignement de l'aménagement urbain et rural ; planification des quartiers résidentiels ; grand modèle de langage.

Classification de la Bibliothèque chinoise : TU984. Code du document : A. DOI : 10.16361/j.upf.202405010.

Numéro d'article : 1000-3363 (2024) 05-0071-08.

* Cet article présente les résultats du projet de construction de ressources pédagogiques dans les domaines prioritaires « Nouveau modèle pédagogique de gouvernance du renouvellement urbain renforcé par l'intelligence artificielle », du projet SRT « Pratiques de renouvellement urbain et de gouvernance spatiale » et du Beijing Outstanding Young Scientists Program (n° JJWZYJHO1201910003010).

1 La transformation du secteur de l'aménagement appelle une mutation de la formation

Ces dernières années, les contextes socioéconomiques national et international ont profondément évolué. Avec le recul du secteur immobilier, le modèle de développement urbain fondé sur l'urbanisation des terres est confronté à de fortes contraintes. Les cursus d'aménagement urbain et rural ont certes intégré des enseignements sur le renouvellement urbain, mais le modèle pédagogique traditionnel, centré sur l'espace physique, demeure en décalage avec la transformation rapide de l'urbanisation. La transmission de maître à élève reste dominante et repose principalement sur l'expérience professionnelle de l'enseignant pour guider la conception.

L'intelligence artificielle déclenche une nouvelle révolution technologique mondiale. Depuis la diffusion par OpenAI de la série GPT en 2022, les grands modèles génératifs se sont propagés à une vitesse exceptionnelle dans de nombreux secteurs. Dans l'enseignement de l'aménagement, des cours sur les mégadonnées urbaines et l'informatique urbaine ont été créés, fournissant une base à l'intégration de l'IA. Ils restent toutefois principalement centrés sur le traitement et l'analyse des données, dans une logique data-driven appliquée à l'étude des problèmes urbains. Face à l'impact de l'IA, les outils de planification doivent progressivement évoluer de la science empirique, des théories classiques et des normes vers l'analyse des mégadonnées et l'aide intelligente à la décision. Les urbanistes et les étudiants doivent

apprendre à résoudre les problèmes urbains par une logique scientifique et une pensée processuelle ; l'innovation technologique, le renouvellement des équipes professionnelles et l'élévation du niveau technique du secteur deviennent essentiels [1]. Réformer la formation grâce à l'IA ne consiste pas seulement à former des développeurs de technologies, mais aussi des praticiens capables de comprendre, d'orienter et d'utiliser l'IA, en assurant la complémentarité entre techniques anciennes et nouvelles [2].

Sur les plans des valeurs et de l'éthique, il convient de ne pas seulement déterminer les tâches que l'IA peut remplacer ou optimiser, mais aussi d'évaluer si les stratégies issues de son intégration sont opportunes et efficaces. La pertinence d'un système d'aide à la planification dépend de l'accumulation durable des théories et connaissances fondamentales par les urbanistes, ainsi que de leur capacité à sélectionner les variables et construire les modèles à partir d'expériences adaptées. Les « connaissances professionnelles » distinguent l'urbaniste de l'IA et peuvent même lui permettre de la dépasser. Tant que les données et la puissance de calcul ne suffisent pas à soutenir une transformation numérique et intelligente intégrale de la ville, le jugement professionnel et les normes définies par l'être humain conservent une valeur majeure. Il faut donc éviter de renoncer à l'empirisme pour tomber dans le technicisme [3].

La sûreté, la gouvernance éthique et l'attention portée à l'humain restent également des responsabilités propres aux urbanistes. L'IA constitue une forme de « démocratisation technique » qui fait évoluer l'organisation de la planification d'une relation pyramidale vers un réseau de connexions en punaise, dans lequel urbanistes, décideurs, gestionnaires et citoyens peuvent participer au processus de décision. Le rôle de l'urbaniste se déplace vers la construction des logiques fondamentales de conception, tandis que les besoins, les émotions et les valeurs humaines deviennent le cœur de son attention [3].

Bien que les effets de l'IA sur l'aménagement urbain et rural aient suscité de nombreuses discussions professionnelles, les cours fondamentaux — conception urbaine et rurale, principes d'aménagement, etc. — ont encore peu intégré des pratiques pédagogiques assistées par l'IA, ce qui ne répond pas aux besoins de réforme et d'innovation de la formation [3]. Afin d'explorer plus profondément le rôle de l'IA, nous avons réformé l'atelier de planification résidentielle du cours principal « Conception en aménagement urbain et rural », en collaboration avec le département d'ingénierie électronique de l'Université Tsinghua. Le nouveau modèle combine, dans trois étapes — planification préliminaire, génération des solutions et évaluation finale —, les fonctions de génération de connaissances et de jeu de rôles des grands modèles ainsi que les techniques de conception assistée de Grasshopper. Il constitue une première expérimentation d'un enseignement à double moteur : « connaissances professionnelles + intelligence artificielle ».

2 Développement de l'intelligence artificielle et applications à l'aménagement

2.1 Complémentarité entre intelligence artificielle et urbanistes professionnels

La complexité urbaine ne cesse de croître, tout comme le nombre de parties prenantes et de connaissances mobilisées par l'aménagement urbain et rural, ce qui impose des exigences très élevées aux praticiens [4]. Les urbanistes doivent maîtriser une grande quantité d'informations, d'outils et de compétences de communication afin de comprendre, analyser et résoudre des problèmes complexes, tout en équilibrant les intérêts des administrations, des promoteurs, du public et d'autres groupes [5]. Face à des systèmes urbains toujours plus complexes, le modèle traditionnel de décision par l'expérience montre ses limites.

Grâce à son autonomie, son adaptabilité, ses capacités d'interaction intelligente, de traitement des mégadonnées, d'apprentissage, de réponse en temps réel et d'intégration, l'IA possède un potentiel considérable dans de nombreux domaines. En aménagement, elle dépasse l'être humain pour le stockage et

l'analyse de masses de données, l'identification de régularités, le calcul, la simulation et la génération de solutions. Elle reste cependant superficielle dans l'organisation des connaissances a priori, la détermination des orientations de valeur, l'innovation en conception, les qualités narratives et esthétiques, la conception des situations et expériences ainsi que la compréhension des logiques profondes de la société. Elle ne peut donc remplacer l'urbaniste [6].

Les domaines dans lesquels l'urbaniste excelle et l'IA demeure faible concernent les règles humaines, les valeurs, les besoins émotionnels et l'expérience des situations. L'urbaniste peut mobiliser les technologies intelligentes pour générer et itérer rapidement des solutions, puis intervenir dans plusieurs scénarios afin de les évaluer et les optimiser. L'IA peut ainsi améliorer l'efficacité de la conception tout en maintenant une démarche centrée sur l'humain et en évitant aussi bien un empirisme absolu qu'un technicisme extrême.

2.2 Applications des grands modèles de langage à l'aménagement

L'apparition des grands modèles de langage (large language models, LLM), tels que ChatGPT, LLaMA, Alpaca et GLM, a élargi le champ de l'IA et renforcé sa capacité à traiter des tâches complexes. Elle a ouvert une phase d'itération exponentielle de l'intelligence artificielle générale [7-8], au point que certains travaux comparent les LLM à une « révolution industrielle ». De plus en plus de chercheurs les intègrent à des modèles d'agents afin d'exploiter leurs facultés quasi humaines de perception, mémoire, réflexion, raisonnement, planification et décision.

Li et al. [9] ont introduit des LLM dans la simulation d'un système économique urbain ouvert comprenant le travail, la consommation, les marchés financiers et la fiscalité. Des agents fondés sur les LLM simulent les décisions individuelles relatives au travail et à la consommation et reproduisent ainsi le phénomène classique de la courbe de Phillips. Gao et al. [10] ont construit un système de simulation de réseaux sociaux par LLM, où les émotions, attitudes et interactions des agents permettent de prévoir l'évolution de l'opinion et des phénomènes sociaux collectifs. Park et al. [11] ont créé une ville virtuelle peuplée de 25 agents LLM capables de communiquer, d'organiser des fêtes et des élections, de travailler et d'étudier. Leurs activités et souvenirs produisent, avec le temps, des réflexions qui orientent ensuite leurs décisions et comportements.

À mesure que les recherches progressent, les capacités de coopération multi-agents des LLM sont davantage exploitées. Grâce à la compréhension et à la génération du langage naturel, ils peuvent jouer des rôles, adopter différents styles et tonalités, imiter des personnages et exécuter des tâches correspondantes. Ils résolvent ainsi des problèmes de recherche opérationnelle par chaînes de traitement [12] ou coopération en groupe [13-15], et participent au développement logiciel [16]. Zhou et al. [17] ont proposé une méthode de participation publique à la planification dans laquelle plusieurs agents-urbanistes dirigent des milliers d'agents-résidents. Par la discussion et la négociation, les solutions sont continuellement modifiées, ce qui améliore sensiblement des indicateurs tels que le paysage écologique et les services publics.

Yang Tianren et al. [18] ont élaboré une théorie et un cadre de conception urbaine fondés sur l'AIGC, en soulignant ses avantages pour apprendre à partir de vastes données, prévoir, générer des recommandations, évaluer et optimiser les conceptions. Les LLM sont également utilisés pour apprendre, rechercher et évaluer des textes de planification [19-20] et construire des graphes de connaissances en aménagement [21-22]. Leur capacité à percevoir et apprendre le langage et les situations, ainsi que l'ouverture et la généralisation de leurs systèmes, montrent leur fort potentiel comme assistants des urbanistes.

3 Un modèle pédagogique en trois étapes renforcé par l'intelligence artificielle

3.1 Caractéristiques et limites des cours fondamentaux traditionnels de conception

La conception en aménagement urbain et rural est un cours fondamental de la discipline. Créée avec la formation en urbanisme après la fondation de la Chine nouvelle, elle dispose de près de soixante-dix ans d'histoire. En raison du caractère fortement pratique de la discipline, le modèle de maître à élève présente des avantages pour transmettre l'expérience et fournir un accompagnement personnalisé. Il entraîne toutefois un renouvellement tardif des connaissances, limite la pensée innovante des étudiants, renforce la subjectivité de l'enseignant et ne favorise pas la constitution d'un système normalisé de connaissances. Les difficultés actuelles peuvent être résumées par trois insuffisances.

Premièrement, une insuffisance de raisonnement scientifique. Les cours restent principalement centrés sur l'organisation, la composition et la conception de l'espace physique [23]. La logique de projet suit la rationalité fonctionnelle et les principes esthétiques de la disposition spatiale, mais accorde peu d'attention aux mécanismes économiques et sociaux qui sous-tendent la production de l'espace. Bien que les programmes comprennent des cours d'économie et de sociologie, leur intégration à l'atelier de conception demeure difficile. Le dessin constitue l'activité dominante ; la dimension dynamique et théorique de la planification est faible. L'évaluation privilégie le résultat graphique final au détriment du processus de déduction et des principes scientifiques [24]. Elle porte ainsi une forte empreinte personnelle de l'enseignant, avec une subjectivité élevée et une scientificité insuffisante.

Deuxièmement, une insuffisance de perspectives multi-acteurs. Le paradigme traditionnel dépend de l'expérience des experts et d'une vision élitiste descendante [25]. Durant huit ou seize semaines de formation, les étudiants réalisent des enquêtes de terrain et des entretiens, mais le temps, l'énergie et l'expérience limités les empêchent de comprendre en profondeur les comportements, les modes de vie et les intérêts des groupes diversifiés présents sur le site. La participation publique reste souvent formelle.

Troisièmement, le travail répétitif limite la création. Dans le processus traditionnel — enquête préliminaire, conception, production des documents —, les tâches non créatives consomment beaucoup de temps. Lorsqu'une solution est abandonnée, les étudiants doivent répéter le dessin manuel ou AutoCAD, la fabrication de maquettes et le calcul des indicateurs, ce qui peut susciter une résistance. L'intervention des technologies intelligentes est donc nécessaire pour remplacer une partie des tâches répétitives : utiliser les capacités de l'IA pour compenser les limites humaines constitue une voie de renouvellement de l'enseignement.

3.2 Le modèle pédagogique en trois étapes

Afin de répondre aux problèmes du modèle traditionnel, nous proposons d'exploiter pleinement l'IA en association avec les connaissances professionnelles, de développer les compétences interdisciplinaires des étudiants et de les aider, dans un temps pédagogique limité, à mieux mener l'enquête sociale et identifier les demandes de groupes d'intérêts multiples. Sur la base des modules de connaissances en conception, le processus devient dynamique, ajustable et continuellement optimisé. Le modèle à double moteur « connaissances professionnelles + intelligence artificielle », renforcé par les LLM, comprend trois étapes : « planification préliminaire → génération des solutions → évaluation finale ». Chaque étape bénéficie des LLM et d'autres technologies intelligentes.

3.2.1 Étape de planification préliminaire

Cette étape comprend le positionnement du projet et l'analyse des besoins des usagers. Les connaissances professionnelles soutiennent une analyse descendante : application des plans supérieurs,

réflexion sur le rôle et la valeur du secteur dans la ville, etc. Dans le modèle traditionnel, le positionnement demeure souvent trop général et exhaustif ; il manque une définition précise à l'échelle de la rue et du quartier, fondée sur les demandes des habitants. En raison du temps limité et du coût élevé, les entretiens couvrent peu de personnes et restent superficiels. Il est donc utile de mobiliser les LLM dans une perspective ascendante pour comprendre les demandes d'indemnisation des résidents concernés par la démolition, les besoins des futurs habitants en matière de disposition spatiale et d'équipements publics, ainsi que les attentes des promoteurs.

Durant la conception, des agents LLM simulent les parties prenantes et permettent aux étudiants de reconstituer des scènes de participation publique par une interaction multi-agents, afin d'approfondir leur compréhension du positionnement et des besoins des usagers (figure 1). Un agent peut jouer le rôle d'un habitant présentant des caractéristiques particulières et formuler des demandes sur l'usage du sol ou les services publics ; d'un responsable public disposant de connaissances professionnelles et définissant les seuils et lignes rouges ; d'un promoteur proposant des produits résidentiels en fonction du potentiel du site ; ou d'un urbaniste professionnel donnant des conseils sur les normes et standards. L'interaction aide les étudiants à comprendre le secteur de manière beaucoup plus approfondie.

Dans cette interaction, les connaissances professionnelles a priori sont essentielles et doivent être organisées en modules par les urbanistes. À partir des enquêtes de terrain, de la collecte documentaire et des entretiens approfondis, les questions sont soumises aux agents selon ces modules, afin de simuler un véritable processus de participation et de négociation. Les étudiants comprennent rapidement les besoins des différents usagers et la logique réelle du fonctionnement du projet, tout en apprenant les normes de conception et les modèles d'exploitation. Après avoir recensé les besoins des agents, ils combinent les exigences du plan supérieur et celles des groupes sociaux pour définir le « positionnement du projet », base de la génération ultérieure des solutions.

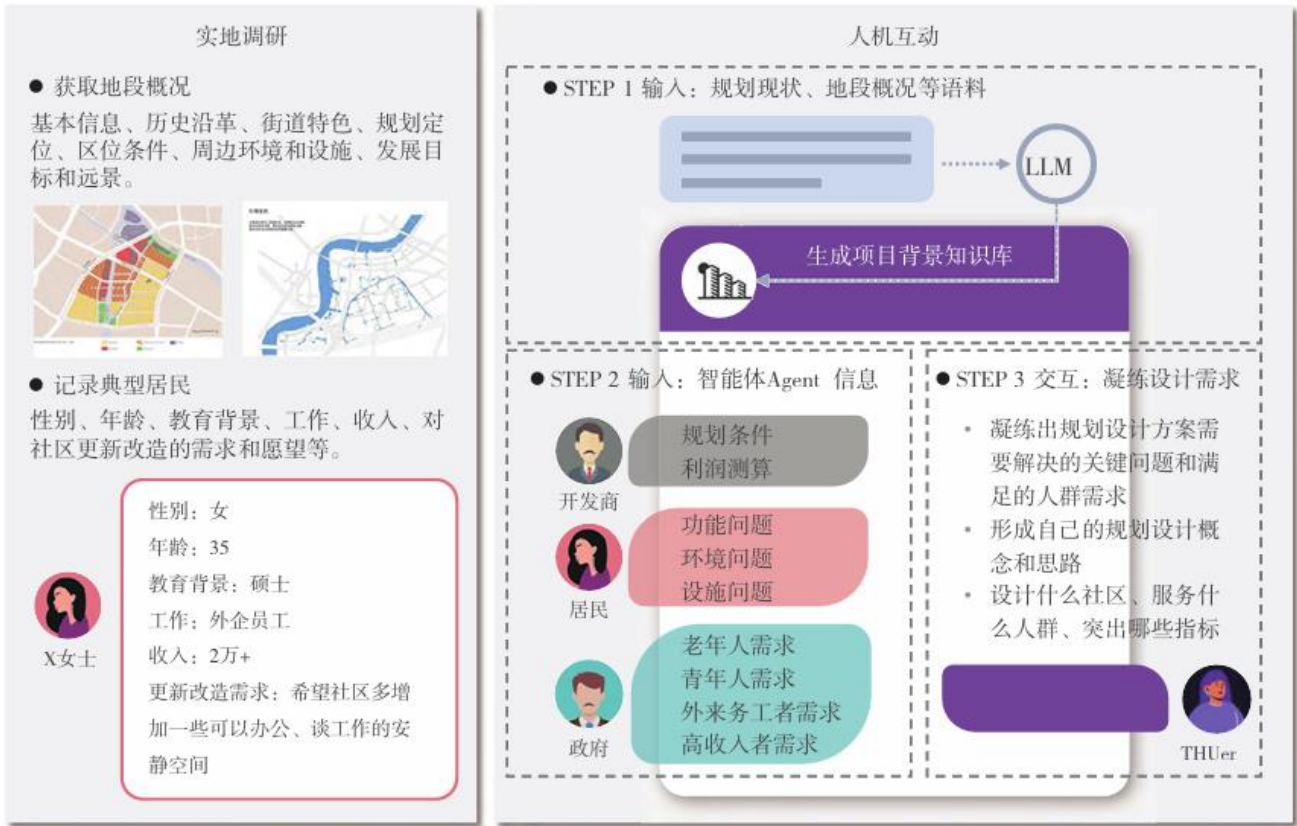


Figure 1. Système d'interaction multi-agents fondé sur un grand modèle de langage

3.2.2 Étape de génération des solutions

Dans le processus traditionnel, les étudiants préparent généralement plusieurs solutions sous forme de croquis ou de maquettes, les présentent et les améliorent progressivement sous la direction de l'enseignant avant d'en retenir une. Deux difficultés apparaissent. D'une part, les recommandations de l'enseignant reposent sur une longue expérience d'expert ; les étudiants, encore peu formés, ont du mal à les comprendre rapidement et peuvent y résister. D'autre part, chaque modification exige de recommencer les dessins, la maquette et le calcul des indicateurs, ce qui réduit le temps consacré à la création.

Afin d'améliorer l'efficacité et de comparer rapidement plusieurs solutions, un générateur à faible code, fondé sur Rhino et Grasshopper, peut être construit par programmation visuelle. Les étudiants saisissent plusieurs indicateurs et un algorithme génétique génère rapidement de nombreuses compositions volumétriques. Ces indicateurs comprennent : (1) des indicateurs de seuil, tels que la limite du terrain, sa superficie et sa destination, les retraits et l'ensoleillement, qui ne peuvent être dépassés ; (2) des indicateurs d'intervalle, comme le coefficient d'occupation des sols, la hauteur des bâtiments et la proportion des fonctions, qui doivent rester dans une plage définie ; (3) des indicateurs d'optimisation — accessibilité des équipements publics, vues depuis les étages, rapport coût-bénéfice — utilisés pour comparer les solutions ; (4) des indicateurs extensibles, conçus par les étudiants selon les caractéristiques de leur projet, accompagnés de composants Grasshopper personnalisés, afin d'améliorer l'adaptabilité.

Avant la génération paramétrique, les étudiants élaborent une première structure de planification, définissent les voies principales, les axes fonctionnels ainsi que les types de bâtiments publics et de logements, puis introduisent ces éléments dans Grasshopper. Sous l'orientation du positionnement retenu, plusieurs solutions sont générées et comparées. Sur un site à forte valeur paysagère, par exemple, l'optimisation du paysage peut devenir l'un des objectifs principaux.

Pendant l'optimisation, les étudiants peuvent à tout moment saisir les plans et textes dans le système multi-agents. Les agents jouant le rôle de l'administration, des habitants et des promoteurs évaluent les solutions et formulent des recommandations, qui sont combinées aux conseils de l'enseignant. L'association des LLM et de la conception paramétrique crée une boucle continue de retour et de réflexion et réduit les décisions intuitives non justifiées. Les réponses aux questions professionnelles et l'explication des motivations permettent aux étudiants de mieux comprendre la coordination entre intérêts. Ils peuvent ensuite sélectionner, approfondir et ajuster les solutions automatiquement générées, puis ajouter les contenus que l'algorithme ne peut produire : éléments paysagers, façades, bâtiments publics, etc.

3.2.3 Étape d'évaluation finale

L'évaluation traditionnelle repose principalement sur une critique collective par l'enseignant ; il est difficile d'inviter de véritables parties prenantes à commenter les projets. L'évaluation multi-agents devient donc une voie efficace pour combiner perspectives descendantes et ascendantes, expertise et participation. L'enseignant peut construire un système associant des indicateurs objectifs et subjectifs. Les premiers comprennent l'intensité de développement, la disposition des services publics ou le rapport coût-bénéfice ; les seconds portent sur l'esthétique, le confort, etc.

Dans l'évaluation traditionnelle, les vues aériennes dominent et la perspective ascendante des habitants est difficilement prise en compte. Avec les LLM, les étudiants saisissent successivement les plans et textes dans le système, puis invitent les agents représentant l'administration, les promoteurs et les habitants à discuter et noter les solutions selon plusieurs dimensions : disposition des bâtiments, sociabilité et intimité, accessibilité des équipements, confort, intérêt et caractère naturel. Associée à l'avis professionnel de

l'enseignant, cette discussion conduit à une évaluation finale. Elle rend le processus plus stimulant et simule de manière quasi réelle la participation publique.

En résumé, nous avons conçu un parcours pédagogique « planification préliminaire – génération des solutions – évaluation finale » assisté par les grands modèles de langage et d'autres techniques d'IA (figure 2). Le modèle à double moteur conduit les étudiants à rechercher une logique scientifique, adopter une pensée processuelle et résoudre des problèmes urbains dans des situations et besoins réalistes. L'orientation de l'apprentissage passe ainsi de la science empirique, des théories classiques et des normes à la science des systèmes, aux théories de la complexité et aux exigences empiriques. Les étudiants apprennent l'histoire et la situation présente auprès des habitants, la mise en œuvre et la gestion auprès des administrations, et les connaissances transversales auprès des promoteurs et partenaires. Ils identifient les problèmes, en explorent les mécanismes et répondent aux besoins, rendant le processus de conception à la fois pluraliste et scientifique.

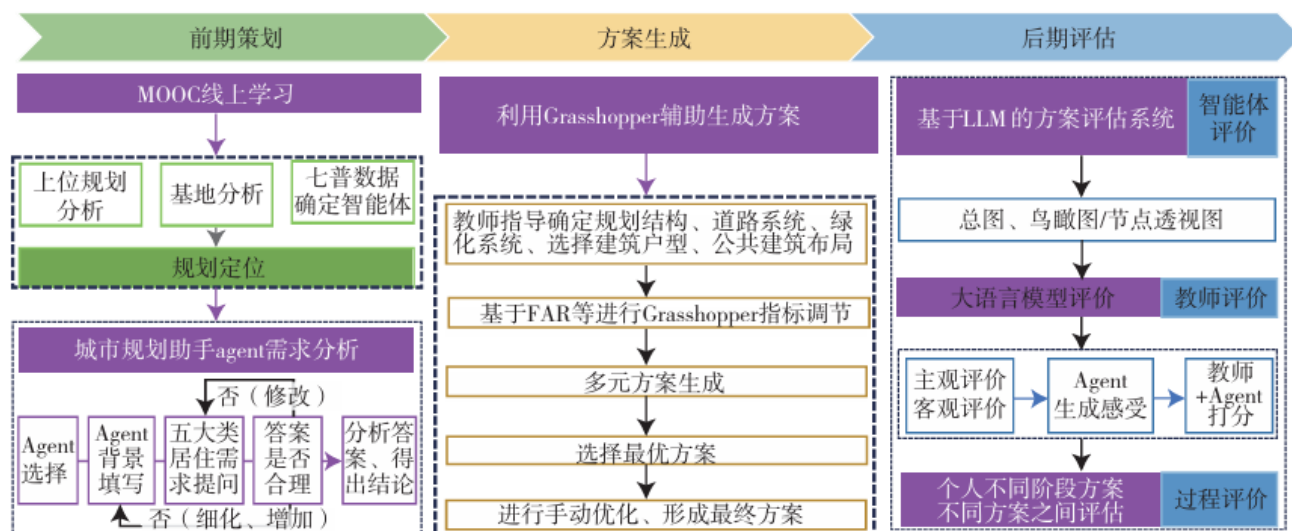


Figure 2. Parcours pédagogique de planification préliminaire, génération des solutions et évaluation finale

4 Application du modèle en trois étapes à l'enseignement de la planification résidentielle

Le modèle a été appliqué à un atelier de planification de quartiers résidentiels dans le cadre de la série de cours de conception du premier cycle du département d'aménagement urbain et rural de l'Université Tsinghua. Les participants étaient des étudiants de deuxième année.

4.1 Planification préliminaire : positionnement et fonctions du quartier résidentiel

L'équipe a développé un système d'interaction multi-agents fondé sur les LLM. Durant l'enquête préliminaire, les étudiants enregistrent, collectent et organisent les informations du site sous forme de textes et d'images. Ils mènent également des entretiens approfondis avec des habitants représentatifs, enregistrent leurs caractéristiques et synthétisent leurs recommandations et intérêts. D'une part, des centaines d'agents dont les attributs correspondent à la réalité sont générés à partir des données du recensement selon des probabilités conditionnelles et des proportions. D'autre part, les informations issues des entretiens sont introduites dans le système afin de créer des leaders d'opinion aux intérêts clairement définis. Les textes et images sont également saisis pour que les agents apprennent le contexte du projet.

Les étudiants peuvent ensuite interroger à tout moment les populations simulées et échanger avec des habitants d'âges, de revenus, de niveaux d'éducation et de professions différents, ainsi qu'avec les

représentants de l'administration et des promoteurs. L'équipe pédagogique a élaboré un questionnaire normalisé de près de soixante questions réparties en cinq modules : logement et style architectural, combinaison des bâtiments, voirie et transport, système paysager et équipements de service public. Les étudiants ajoutent des questions selon leurs besoins et dialoguent avec les agents pour comprendre leurs préférences.

Par l'interaction humain-machine et les conseils de l'enseignant, les étudiants synthétisent les objectifs les plus importants du projet de quartier résidentiel sur un site donné et construisent leur propre positionnement de conception (figure 3).



Figure 3. Processus de synthèse des intentions de conception avec l'aide de l'interaction humain-machine

4.2 Aide à la génération : comparaison et sélection de plusieurs solutions

À partir de l'enquête et de la planification préliminaire, les étudiants déterminent le type de produit résidentiel et saisissent les indicateurs de base : limites et retraits de la parcelle, coefficient d'occupation des sols, distance entre bâtiments, hauteur et types de logement. Le générateur à faible code, fondé sur Rhino et la programmation visuelle Grasshopper, produit rapidement des esquisses. Les étudiants peuvent également ajouter des indicateurs extensibles qu'ils définissent eux-mêmes.

Après le lancement du système, l'algorithme génétique génère rapidement plusieurs modèles volumétriques. Chaque solution est positionnée dans un repère tridimensionnel dont les dimensions représentent la densité bâtie, le coefficient d'occupation des sols et d'autres indicateurs. Les étudiants sélectionnent plusieurs solutions adaptées à leurs préférences et exigences pour les approfondir (figure 4). Ces premières solutions restent cependant immatures dans la voirie, le paysage et l'apparence architecturale, domaines où l'initiative créative des étudiants demeure indispensable.

La génération automatique ne vise pas à remplacer l'apprentissage de la conception, mais à produire rapidement de nombreuses esquisses conformes aux normes afin de développer la perception initiale de l'espace résidentiel et de faciliter l'assimilation des standards. La créativité des étudiants se manifeste dans la structure générale, la mise au point et l'optimisation. Durant l'approfondissement, ils continuent à interagir avec les agents et à recevoir les questions et recommandations des habitants, de l'administration et des promoteurs (figure 5).

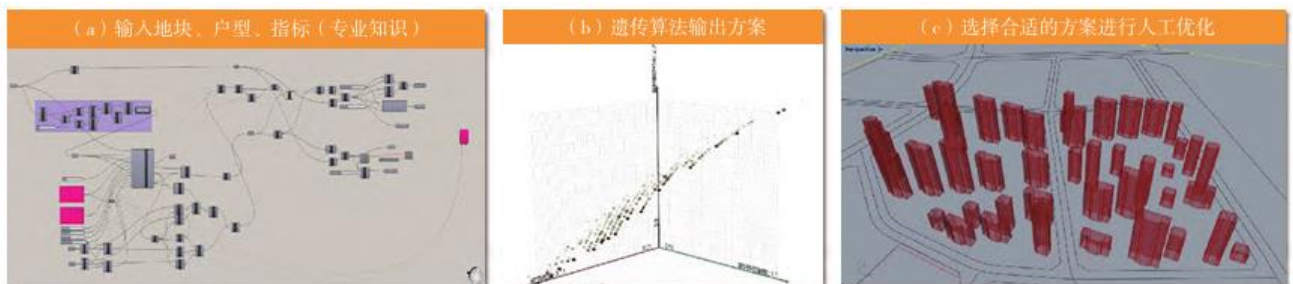


Figure 4. Processus de génération rapide des solutions assisté par un algorithme génétique

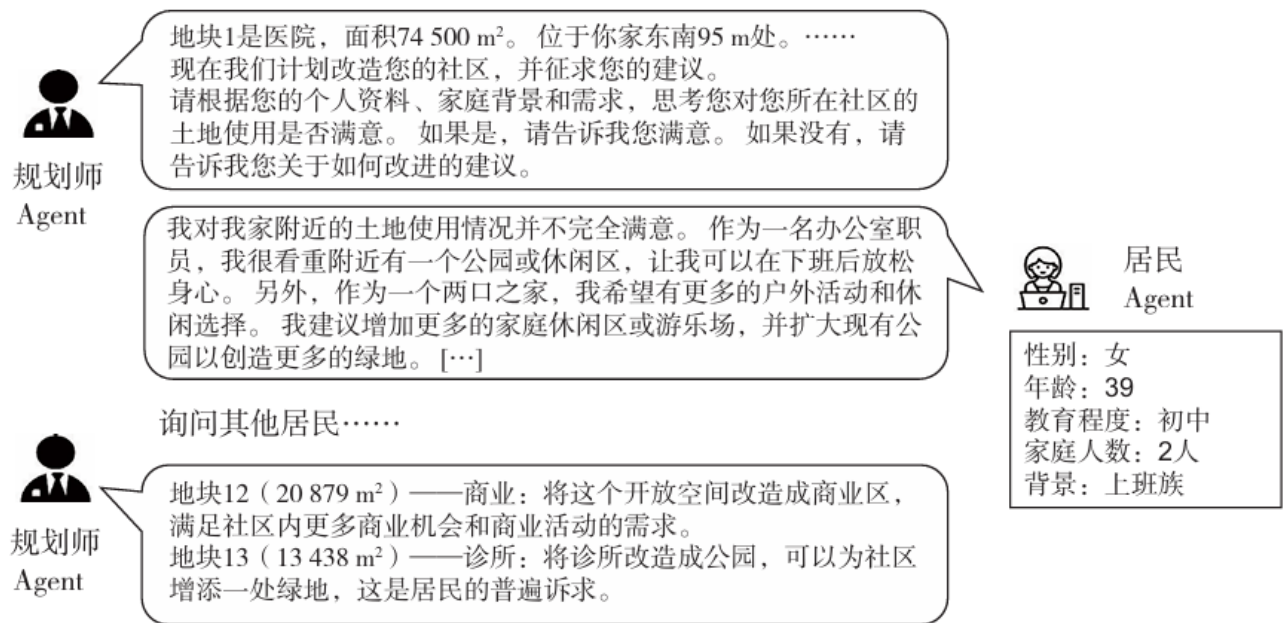


Figure 5. Interaction en temps réel durant l'approfondissement de la solution

4.3 Évaluation finale : combinaison de l'évaluation experte et de celle des agents

À l'étape d'évaluation, les résultats — textes et plans — sont introduits dans le système multi-agents. Des instructions correspondant à des dimensions précises sont saisies (figure 6), puis les différents agents notent chaque aspect de la solution. Les indicateurs objectifs, tels que l'accessibilité des services ou le taux de couverture végétale, sont calculés ; des indicateurs subjectifs évaluent le degré de satisfaction de l'administration virtuelle, des promoteurs et des habitants.

L'ensemble permet de juger les avantages et les limites des projets et complète le modèle traditionnel où l'enseignant constitue l'unique référence. Un même étudiant peut comparer ses productions à différentes étapes et observer l'évolution de ses compétences ; les résultats finaux de plusieurs étudiants peuvent également être évalués ensemble afin de fournir une comparaison intuitive entre solutions (figure 7).



Figure 6. Système d'indicateurs pour l'évaluation des solutions



Figure 7. Évaluation par les agents des productions d'un même étudiant à différentes étapes (en haut) et des solutions finales de plusieurs étudiants (en bas)

Source : travaux d'étudiants de deuxième année du département d'urbanisme de l'Université Tsinghua.

En résumé, l'application du modèle en trois étapes corrige plusieurs limites de l'enseignement traditionnel : (1) la conception passe d'une attention presque exclusive à l'espace physique à une réponse conjointe à l'espace et aux besoins humains, en simulant une démarche participative ; (2) le processus accorde davantage d'importance à la pensée processuelle, chaque ajustement étant soutenu par une demande « réelle » plutôt que par une décision intuitive ; (3) l'IA réduit la charge de travail répétitive et libère du temps pour la recherche de logiques scientifiques, l'adaptation au processus et la résolution de problèmes réels.

5 Réflexions sur une formation à double moteur : connaissances professionnelles et intelligence artificielle

À partir de cette double impulsion, nous avons construit un contenu pédagogique associant « connaissances théoriques + méthodes et techniques + amélioration par la pratique ». Il se concentre sur des situations réelles de conception et permet aux étudiants de maîtriser les politiques d'aménagement et les intérêts des différents acteurs. Guidés par les technologies intelligentes, ils développent conjointement les connaissances théoriques et les compétences techniques : analyse des données, recherche en planification et conception de prototypes, mais aussi créativité, pensée systémique et centrée sur l'humain.

Ce modèle remplace la transmission unidirectionnelle du savoir et la réception passive par une exploration autonome. Il accroît la participation et le sentiment d'accomplissement, améliore l'efficacité de la transmission des connaissances, de l'entraînement technique et du retour de conception, et établit une relation de progrès mutuel entre enseignement, apprentissage, système et usagers.

5.1 Les connaissances et compétences professionnelles, condition préalable de l'IA en formation

Bien que l'IA présente certaines capacités en planification, le travail de l'urbaniste couvre plusieurs dimensions : compréhension de l'espace, de l'environnement et des besoins sociaux, analyse profonde des attentes émotionnelles des habitants, sensibilité aux transformations sociales et capacité d'innovation. L'IA peine encore à les reproduire. Même dans l'analyse quantitative, son domaine de force, une conclusion obtenue sans orientation professionnelle peut être dépourvue de sens [26].

Dans l'expérimentation menée, l'ensemble du processus exige que l'enseignant organise les connaissances et les explique avant d'utiliser les LLM comme soutien. Durant la planification préliminaire, les connaissances clés de la conception résidentielle sont transformées en banque de questions, complétée par les étudiants, puis posées aux différents agents afin de comprendre les demandes ascendantes et d'appuyer le positionnement et l'organisation fonctionnelle. Pendant la génération, les étudiants doivent d'abord déterminer la voirie et la structure des espaces ouverts avant d'utiliser Grasshopper. Enfin, le système d'évaluation est défini à partir des objectifs préalablement fixés, puis les solutions sont évaluées avec l'aide des LLM. Cette démarche favorise une compréhension globale des points essentiels de la conception résidentielle.

5.2 L'IA améliore la culture scientifique et la qualité de conception

L'IA intervient principalement dans trois domaines. Premièrement, le positionnement et l'analyse des besoins. Traditionnellement, le concepteur les définit subjectivement à partir de son expérience ; grâce au jeu de rôles, les agents LLM permettent une analyse portant sur l'ensemble des groupes concernés. Deuxièmement, la génération de solutions. Différents objectifs — optimisation du paysage ou accessibilité des services publics — produisent des organisations spatiales variées parmi lesquelles les étudiants peuvent choisir. Troisièmement, après l'optimisation, les agents évaluent les solutions selon le positionnement et les objectifs définis au début, puis leurs résultats sont combinés au jugement professionnel de l'enseignant.

Cette démarche corrige dans une large mesure les limites d'une évaluation fondée uniquement sur l'expérience individuelle de l'enseignant, renforce la culture scientifique des étudiants et approfondit leur compréhension des projets depuis les perspectives de plusieurs acteurs.

5.3 L'association des connaissances professionnelles et de l'IA est essentielle à l'innovation pédagogique

L'expérience de l'atelier montre que ni les connaissances professionnelles ni l'IA ne peuvent être négligées. Une coopération étroite, dans leurs domaines respectifs, est nécessaire. Chaque étape du modèle reflète cette double impulsion : enseignement des connaissances, transformation de celles-ci en dialogue

avec les grands modèles, conception générative après définition des objectifs, optimisation humaine et évaluation par les LLM.

Dans l'ensemble, l'IA doit être considérée comme un outil de la formation, non comme un substitut. Elle assiste les étudiants dans certaines tâches, mais les décisions finales et la production créative continuent de dépendre du jugement et de l'expérience du concepteur. L'IA transformera probablement les méthodes de travail plutôt qu'elle ne remplacera directement les étudiants. Ceux-ci doivent donc s'adapter aux nouvelles technologies et utiliser l'IA pour accroître leur efficacité et leur créativité.

6 Conclusion et discussion

La formation en conception urbaine et rurale à double moteur constitue un modèle émergent destiné à offrir aux étudiants une expérience d'apprentissage complète, approfondie et pratique. Elle vise à renforcer les capacités de conception et d'innovation, l'application des technologies, la pensée critique et analytique, le travail en équipe et la communication, afin de soutenir leur future carrière.

Dans l'expérimentation menée, une équipe interdisciplinaire réunissant le département d'aménagement urbain et rural, le département d'ingénierie électronique de l'Université Tsinghua et iFLYTEK a développé des produits pédagogiques intelligents et des outils d'évaluation pour accompagner les étudiants. Les résultats montrent qu'une équipe interdisciplinaire est indispensable pour résoudre rapidement les problèmes professionnels et techniques rencontrés et aider les étudiants à construire une compréhension globale de la planification résidentielle.

Deux écueils doivent être évités. Le premier consiste à penser que l'IA peut générer rapidement et massivement des solutions et dominer la conception. Le second consiste à maintenir exclusivement le modèle traditionnel de transmission et à refuser les technologies avancées. Wu Zhiqiang et al. [27] distinguent trois modes de construction des villes intelligentes : le mode T, dominé par l'offre technologique (Technology Mode) ; le mode D, orienté vers la résolution des besoins réels (Demand Mode) ; et le mode E, formaliste, centré sur des salles d'exposition sans mise en œuvre dans le fonctionnement réel de la ville (Exhibition Mode). Le mode E peut consommer d'importantes ressources, s'éloigner des besoins réels de la population et devenir insoutenable.

L'intégration de l'IA dans la formation ne doit donc pas se réduire à une démonstration technique qui ferait oublier l'objectif initial de l'atelier — maîtriser les théories de l'environnement résidentiel et les compétences de conception intégrée. Les connaissances et la culture professionnelles restent indispensables. Il ne faut pas non plus refuser les technologies avancées : l'IA peut approfondir la connaissance des forces sociales et des rôles impliqués — administration, promoteurs, habitants et urbanistes — et élargir la culture scientifique des étudiants.

Cette expérimentation présente néanmoins plusieurs limites. La pratique en équipe sous la direction des enseignants et l'apprentissage interdisciplinaire constituent d'abord un défi important pour les connaissances et la vision transversale des enseignants. Comprendre ce que l'IA peut ou ne peut pas faire dans la formation exige des essais continus ; un soutien technique spécialisé est donc nécessaire. Ensuite, sans connaissance préalable de la planification résidentielle, le dialogue avec les grands modèles produit difficilement des informations utiles, ce qui exige l'accompagnement de l'enseignant et plusieurs tentatives. Enfin, la maîtrise préalable de Rhino et de la programmation visuelle Grasshopper demande un investissement supplémentaire ; le travail en groupe est ainsi plus efficace.

À l'avenir, les outils pédagogiques intelligents, les banques de questions et les bases de cas devront être davantage enrichies pour constituer des ressources diffusables et permettre aux étudiants de maîtriser rapidement les méthodes de l'IA. Plus généralement, le défi du système traditionnel réside dans son

adaptation à l'évolution rapide des technologies et des besoins professionnels. Son avenir dépend d'une mise à jour active des contenus et des méthodes, du développement de la compétitivité future et de la capacité d'apprentissage tout au long de la vie. Encourager les étudiants à franchir les frontières disciplinaires, intégrer des connaissances et compétences variées, stimuler l'innovation et résoudre des problèmes complexes permettra de mieux répondre aux exigences de la formation en aménagement à l'ère des nouvelles technologies.

Remerciements : les auteurs remercient les étudiants de deuxième année du département d'urbanisme de l'École d'architecture de l'Université Tsinghua — Zhou Yifei, Wang Yirou, Liu Zhanqing, Cao Kaiwen, Wu Hao, Chen Qiushi, Sun Qi, Zhao Haotian, entre autres — pour leur participation et leur contribution à l'atelier.

Références

- [1] MA Xiangming, SHI Huaiyu, ZHANG Lipeng, et al. Développement professionnel des urbanistes : défis et avenir — discussion académique [J]. Urban Planning Forum, 2024(1): 1-8.
- [2] WU Zhiqiang, HUANG Xiaochun, LI Dong, et al. L'impact de l'intelligence artificielle sur la planification urbaine — discussion académique [J]. Urban Planning Forum, 2018(5): 1-10.
- [3] HERZOG O, PAN Haixiao, DENG Zhituan, et al. L'intelligence artificielle de nouvelle génération au service de la planification urbaine : opportunités et défis [J]. Urban Planning Forum, 2023(4): 1-11.
- [4] ZHANG Tingwei. Applications de la théorie de la complexité et de l'intelligence artificielle à la planification [J]. Urban Planning Forum, 2017(6): 9-15.
- [5] HONG Q Y. Development of planning support systems: a systematic review of the Chinese language literature [J]. Transactions in Urban Data, Science, and Technology, 2024, 3(1-2): 27541231241251409.
- [6] GAN Wei, WU Zhiqiang, WANG Yuankai, et al. Construction d'un modèle théorique de conception urbaine assistée par l'AIGC [J]. Urban Planning Forum, 2023(2): 12-18.
- [7] BUBECK S, CHANDRASEKARAN V, ELDAN R, et al. Sparks of artificial general intelligence: early experiments with GPT-4 [J]. arXiv preprint arXiv:2303.12712, 2023.
- [8] YANG Z, LI L, LIN K, et al. The dawn of LMMs: preliminary explorations with GPT-4V(ision) [J]. arXiv preprint arXiv:2309.17421, 2023, 9(1): 1.
- [9] LI N, GAO C, LI Y, et al. Large language model-empowered agents for simulating macroeconomic activities [J]. arXiv preprint arXiv:2310.10436, 2023.
- [10] GAO C, LAN X, LU Z, et al. Social-network simulation system with large language model-empowered agents [J]. arXiv preprint arXiv:2307.14984, 2023.
- [11] PARK J S, O'BRIEN J, CAI C J, et al. Generative agents: interactive simulacra of human behavior [C]// Proceedings of the 36th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 2023: 1-22.
- [12] KOENIG R, MIAO Y, AICHINGER A, et al. Integrating urban analysis, generative design, and evolutionary optimization for solving urban design problems [J]. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2020, 47(6): 997-1013.
- [13] WU Q, BANSAL G, ZHANG J, et al. AutoGen: enabling next-gen LLM applications via multi-agent conversation framework [J]. arXiv preprint arXiv:2308.08155, 2023.
- [14] ZHANG J, XU X, DENG S. Exploring collaboration mechanisms for LLM agents: a social psychology view [J]. arXiv preprint arXiv:2310.02124, 2023.

- [15] XIAO Z, ZHANG D, WU Y, et al. Chain-of-experts: when LLMs meet complex operations research problems [C]// The Twelfth International Conference on Learning Representations, 2023.
- [16] HONG S, ZHENG X, CHEN J, et al. MetaGPT: meta programming for multi-agent collaborative framework [J]. arXiv preprint arXiv:2308.00352, 2023.
- [17] ZHOU Z, LIN Y, JIN D, et al. Large language model for participatory urban planning [J]. arXiv preprint arXiv:2402.17161, 2024.
- [18] YANG Tianren, JIN Ying, FANG Zhou. Décision en aménagement et conception urbains et ruraux dans un contexte de données multisources : modèles de systèmes urbains et applications de l'intelligence artificielle [J]. Urban Planning International, 2021, 36(2): 1-6.
- [19] FU X, LI C, ZHAI W. Using natural language processing to read plans: a study of 78 resilience plans from the 100 Resilient Cities network [J]. Journal of the American Planning Association, 2023, 89(1): 107-119.
- [20] ZHU H, ZHANG W, HUANG N, et al. PlanGPT: enhancing urban planning with tailored language model and efficient retrieval [J]. arXiv preprint arXiv:2402.19273, 2024.
- [21] NING Y, LIU H. UrbanKGent: a unified large language model agent framework for urban knowledge graph construction [J]. arXiv preprint arXiv:2402.06861, 2024.
- [22] LI Z, XIA L, TANG J, et al. UrbanGPT: spatio-temporal large language models [J]. arXiv preprint arXiv:2403.00813, 2024.
- [23] YANG Hui, WANG Yang. « Anciens maux » et « nouvelles questions » : réflexion sur la formation en aménagement urbain et rural dans le contexte de la planification territoriale [J]. Planners, 2020, 36(7): 16-21.
- [24] PENG Lijun, XIANG Mingming, YU Minghong. Réforme d'un cours de conception urbaine orientée vers la pratique [J]. Education and Teaching Forum, 2020(37): 168-169.
- [25] LIU Dan, XIONG Ying. Exploration et pratique de la formation en planification dans le système de planification territoriale [J]. Anhui Architecture, 2021, 28(12): 96-97.
- [26] NIU Xinyi, LIN Shijia, SANG Tian, et al. Technologies numériques de planification : données et connaissances [J]. Urban Planning Forum, 2024(2): 18-24.
- [27] WU Zhiqiang, WANG Jian, LI Deren, et al. Réflexions « froides » dans l'engouement pour les villes intelligentes — discussion académique [J]. Urban and Rural Planning Forum, 2022(2): 1-11.

Version révisée : août 2024

Traduction assistée par IA