PhD. Application des techniques d'IA, de planification automatique et d'ordonnancement à la conduite et la coordination de projet ainsi qu'à la maîtrise d'oeuvre

Durée : 36 mois

Financement : CIFRE

Directeur de thèse : Damien Pellier Univ. Grenoble Alpes

Entreprise : CICAD Rémy Conche

Date de début du contrat : 01/09/2025

Mot clé : Planification automatique – Intelligence Artificielle – Gestion de projet – Construction – Ordonnancement – Aléas – Réglementation – Optimisation

Contexte de la thèse

La complexité croissante des projets de construction est, depuis plusieurs années, au cœur des préoccupations des professionnels et des chercheurs du secteur. Elle se manifeste par la diversité des parties prenantes, l'augmentation de la technicité des ouvrages, la variabilité des environnements d'exécution, ainsi que par une pression toujours plus forte sur les délais et les budgets. Dans ce contexte, les méthodes classiques de planification et de gestion de projet montrent leurs limites.

La rationalité humaine est fondamentalement bornée : les décideurs doivent composer avec des capacités cognitives limitées lorsqu'ils planifient, coordonnent ou anticipent des situations complexes. Ces limites sont aujourd'hui particulièrement visibles dans les nombreux dérapages observés sur les grands chantiers. 98 % des mégaprojets subissent des dépassements de coûts supérieurs à 30 %, et 77 % accusent des retards dépassant 40 %. Plus récemment, on n'estime que 50 % des projets lancés au Royaume-Uni entre 2005 et 2015 ont connu des retards significatifs.

Face à cette réalité, l'automatisation de la planification apparaît comme une piste prometteuse. Les outils traditionnels – tels que les diagrammes de Gantt ou les méthodes PERT/CPM – reposent fortement sur l'expertise humaine, s'avèrent peu flexibles face aux aléas, et ne permettent pas une optimisation dynamique. À l'inverse, les techniques de planification automatique issues de l'intelligence artificielle (Ghallab et al., 2017 ; Russell et al., 2002), de la recherche opérationnelle et de l'optimisation, ouvrent la voie à une gestion de projet plus robuste, rapide et réactive.

Ces techniques offrent plusieurs avantages majeurs :

- **Génération automatique de plannings optimisés** : en intégrant l'ensemble des contraintes (ressources, délais, interdépendances), elles permettent d'élaborer des plannings efficaces, réduisant les risques de retard et de surcoût.

- **Replanification en temps réel** : en cas d'aléas (retard de livraison, conditions climatiques, etc.), les plannings sont ajustés automatiquement afin de minimiser leur impact sur le projet.
- **Simulation de scénarios d'exécution** : ces outils permettent de tester différentes options de planification pour anticiper les imprévus et sélectionner les stratégies les plus adaptées.
- **Capitalisation des connaissances métiers** : les enseignements tirés de projets passés (erreurs, ajustements, bonnes pratiques) peuvent être intégrés dans les nouveaux plannings, favorisant l'apprentissage organisationnel.
- **Standardisation des pratiques** : en s'appuyant sur des modèles formels, la planification devient plus systématique, assurant une meilleure cohérence entre projets et équipes.
- **Amélioration de la fiabilité** : en limitant les erreurs humaines et en assurant une traçabilité des décisions, ces outils renforcent la qualité de la gestion de projet.
- **Optimisation des ressources** : la planification automatique permet une meilleure allocation des ressources humaines, matérielles et financières, en évitant gaspillages et pénuries.
- **Réduction des risques** : grâce à des capacités de simulation et d'ajustement continu, ces techniques permettent d'anticiper les risques et d'y répondre de manière proactive.

Enfin, un argument écologique fort peut être avancé : une meilleure planification contribue à une utilisation plus raisonnée des ressources, à une réduction des déplacements inutiles, et à une optimisation des processus selon des critères environnementaux. L'automatisation peut ainsi devenir un levier concret de la transition écologique dans le secteur du BTP.

Malgré ces bénéfices, l'adoption de ces technologies reste encore limitée dans les pratiques courantes du secteur. Il est donc essentiel d'en étudier la faisabilité, les bénéfices concrets, ainsi que les freins à leur intégration au sein des entreprises de construction.

Objectifs de la thèse

Cette thèse vise à explorer l'apport des techniques de planification automatique à la gestion des projets de construction, dans un objectif de **maîtrise renforcée des coûts, des délais et des ressources**, tout en tenant compte des **contraintes réglementaires, administratives et contractuelles** propres au domaine.

Elle s'attachera à :

1. Identifier les limites des méthodes de planification traditionnelles dans le BTP.
2. Étudier et sélectionner les techniques d'IA et d'optimisation adaptées à la planification de chantier.
3. Concevoir ou adapter un outil ou une méthode de planification automatique adaptée aux spécificités du secteur.
4. Tester cette méthode sur des cas réels en entreprise, et évaluer les gains en termes de performance, flexibilité et conformité réglementaire à partir de données collectées et issues de l'entreprise CICAD.

Problématique académique

La planification est une fonction centrale dans la gestion des projets de construction. Pourtant, les approches traditionnelles reposant sur l'expérience humaine peinent à gérer l'interdépendance croissante entre les tâches, les contraintes de ressources, les risques et les aléas. Dans un secteur soumis à de fortes exigences réglementaires et à une variabilité opérationnelle importante, cette dépendance à la planification manuelle engendre des retards, des erreurs et des surcoûts.

Problème de recherche:

Comment les techniques de planification automatique peuvent-elles permettre de dépasser les limites des approches traditionnelles et d'améliorer la performance des projets de construction en matière de respect des délais, de gestion des ressources, d'adaptation aux aléas et de conformité réglementaire ?

Exemple de cas d'usage : Replanification en situation d'aléa avec prise en compte du cadre réglementaire

Prenons le cas d'un chantier de bâtiment public, soumis à des normes strictes (accessibilité, sécurité incendie, réglementation thermique) et à une supervision administrative rigoureuse (validations, inspections, autorisations de construire). Supposons que la livraison d'un élément structurel – par exemple, des poutres préfabriquées – soit retardée de deux semaines.

En planification traditionnelle, cet incident implique :

- une replanification manuelle fastidieuse,
- la re-négociation de nombreuses tâches en aval,
- et des risques de conflits avec les délais réglementaires (ex. : autorisation administrative expirante, présence obligatoire d'un contrôleur technique à une étape critique).

Une technique de planification automatique bien conçue pourrait :

- intégrer les contraintes de ressources et les séquences de tâches,
- prendre en compte les obligations réglementaires (interdiction de travaux certains jours, délais d'instruction, calendriers d'approbation),
- simuler plusieurs scénarios de replanification *conformes* au cadre légal et contractuel.

Elle permettrait alors de :

- réorganiser les tâches de manière cohérente (par exemple avancer certaines interventions compatibles),
- geler temporairement une phase tout en optimisant les autres,
- minimiser les interruptions et éviter les sanctions pour non-conformité.

Ainsi, la planification automatique ne se limite pas à l'optimisation technique : elle devient un outil stratégique d'anticipation, de flexibilité, et de conformité réglementaire, indispensable pour affronter la complexité croissante des projets.

Profil du candidat recherché

Nous recherchons un candidat intéressé par l'intelligence artificielle et l'optimisation appliquée à des problématiques complexes. Le candidat devra démontrer des compétences dans au moins un des domaines suivants :

- Algorithmique avancée
- Programmation par contraintes
- SAT/SMT (Satisfiability Modulo Theories)
- Recherches heuristiques et optimisation
- Recherche opérationnelle (modélisation et résolution de problèmes complexes)
- Planification automatique et ordonnancement

Par ailleurs, le candidat devra :

- Être titulaire d'un M2 en informatique, mathématiques appliquées ou dans un domaine similaire, avec une forte composante en algorithmes et optimisation.
- Avoir des compétences avancées en développement (conception et implémentation) dans des langages de programmation tels que C/C++, Python, Java, Rust, ou tout autre langage pertinent pour le développement d'outils d'optimisation.
- Afficher un bon niveau académique, attestant de sa capacité à allier théorie (recherches fondamentales) et pratique (développement de solutions concrètes et applicables).
- Maîtriser l'anglais professionnel, tant à l'écrit qu'à l'oral, pour interagir avec des chercheurs internationaux et communiquer les résultats de la recherche dans des conférences et publications.
- Posséder des connaissances générales dans le domaine de l'intelligence artificielle, en particulier dans les sous-domaines de l'optimisation, des systèmes intelligents et de la planification automatique.
- Avoir une attitude proactive, un esprit d'initiative, et une bonne capacité à travailler en équipe au sein d'un environnement interdisciplinaire (recherche académique et applications pratiques).

Comment candidater

Les personnes souhaitant soumettre leur candidature sont invitées à transmettre un dossier complet comprenant :

- une **copie du diplôme de Master 2** ;
- les **relevés de notes** pour l'ensemble du cursus de Master ;
- une **lettre de recommandation**, de préférence rédigée par un encadrant pédagogique ou scientifique ;
- le **rapport de stage de Master 2**.

Ces documents permettront d'évaluer la solidité du parcours académique, les compétences méthodologiques acquises, ainsi que l'aptitude du candidat à s'engager dans un travail de recherche avancé.

✉ **Le dossier de candidature est à envoyer à l'adresse suivante :**
damien.pellier@imag.fr

Informations complémentaires :

- Les candidats sont **encouragés à consulter le site PDDL4J** à l'adresse suivante : <http://pddl4j.imag.fr/index.html>, afin de se familiariser avec les concepts fondamentaux de la planification automatique, domaine central du projet proposé.
- Le processus de sélection comprendra **trois entretiens** :
 - un **premier entretien** destiné à évaluer les motivations et la compréhension générale du sujet ;
 - un **second entretien**, de nature **technique**, axé sur les compétences spécifiques attendues ;
 - un **troisième entretien** avec l'**entreprise partenaire**, portant notamment sur l'adéquation du profil du candidat avec les objectifs industriels du projet.

Références

M. Ghallab, D. Nau and P. Traverso, "Automated Planning", Morgan-Kaufman, 2017.
S. Russell and P. Norvig, "Artificial Intelligence: A Modern Approach", Prentice Hall, 2002