



PROMO SCIA 2026

# PROBLÈME DE PLANIFICATION DE TACHES MULTI-ROBOTS DANS UN ENTREPÔT

Khatir YOYOU

Tidjani ADAM KANDINE

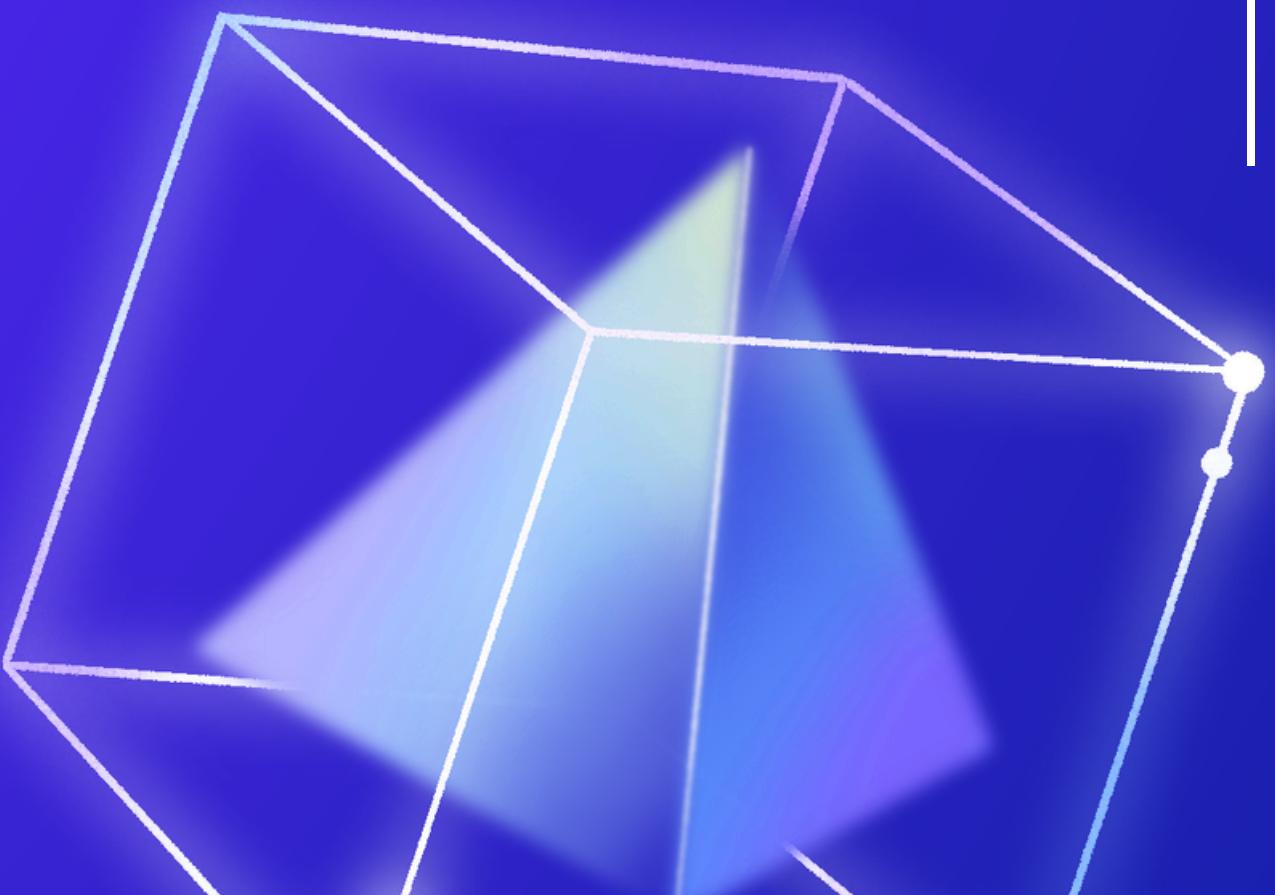
Quentin WURTLIN





# SOMMAIRE

- Limitation des approches classiques 01
- Approches par PPC 02
- Modélisation du problème en CSP 03
- Étude de cas/Simulation 04
- Conclusion 05



# INTRODUCTION

1. ALLOCATION DES TÂCHES : DÉTERMINER QUEL ROBOT DOIT EXÉCUTER QUELLE TÂCHE
2. ORDONNANCEMENT : DÉFINIR L'ORDRE ET LE MOMENT D'EXÉCUTION DES TÂCHES
3. PLANIFIER LES TRAJECTOIRES OPTIMALES DES ROBOTS DANS L'ENVIRONNEMENT

## OBJECTIF ?

1. MINIMISER LE TEMPS TOTAL D'EXÉCUTION
2. MINIMISER LA DISTANCE PARCOURUE
3. MINIMISER LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE 
4. ÉVITER LES COLLISIONS ENTRE ROBOTS ET AVEC L'INFRASTRUCTURE.



# APPROCHE NAIVE

- Un algorithme de recherche de chemin ( $A^*$ )
- Tester toutes les possibilités pour trouver la meilleure
- Contrainte physique (murs)
- Contrainte d'espace (pas de collision entre robots)
- Contrainte de temps (chercher le temps optimal)

## Initial Goal Assignment:

# Robot 1:

Goals: [4, 6]

# Robot 2:

Goals: [7, 2, 1]

# Robot 3:

Goals: [3, 5]

## Execution Plan:

# Robot 1:

Total time: 10.00 time units

Step 1: Go to Goal 4 at (5, 2) (time: 7.00)

Step 2: Go to Goal 6 at (6, 4) (time: 3.00)

## Robot 2:

Total time: 9.33 time units

Step 1: Go to Goal 7 at (9, 3) (time: 2.00)

Step 2: Go to Goal 2 at (8, 7) (time: 3.33)

Step 3: Go to Goal 1 at (4, 9) (time: 4.00)

# Robot 3:

Total time: 8.75 time units

Step 1: Go to Goal 3 at (0, 7) (time: 2.50)

Step 2: Go to Goal 5 at (1, 3) (time: 6.25)

## Grid Visualization (Collision Free):

# LIMITATION DES APPROCHES CLASSIQUES

- Complexité de calcul exponentielle
- Beaucoup de changements pour rajouter une contrainte



# APPROCHES PAR PPC

## 1. INTÉRÊT DE LA MÉTHODE CSP

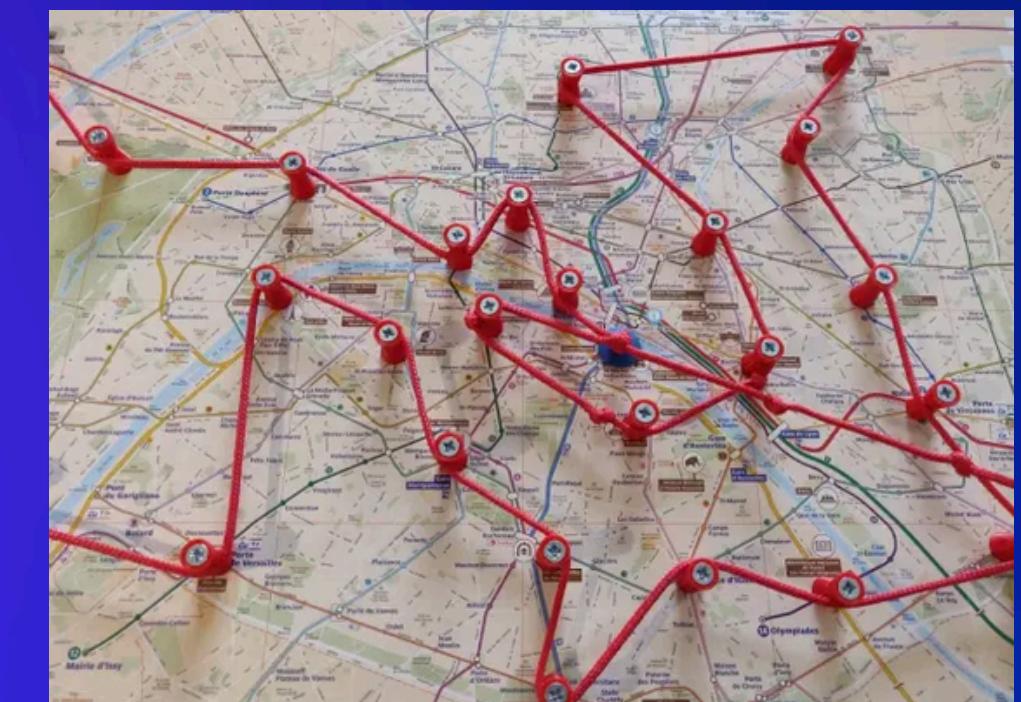
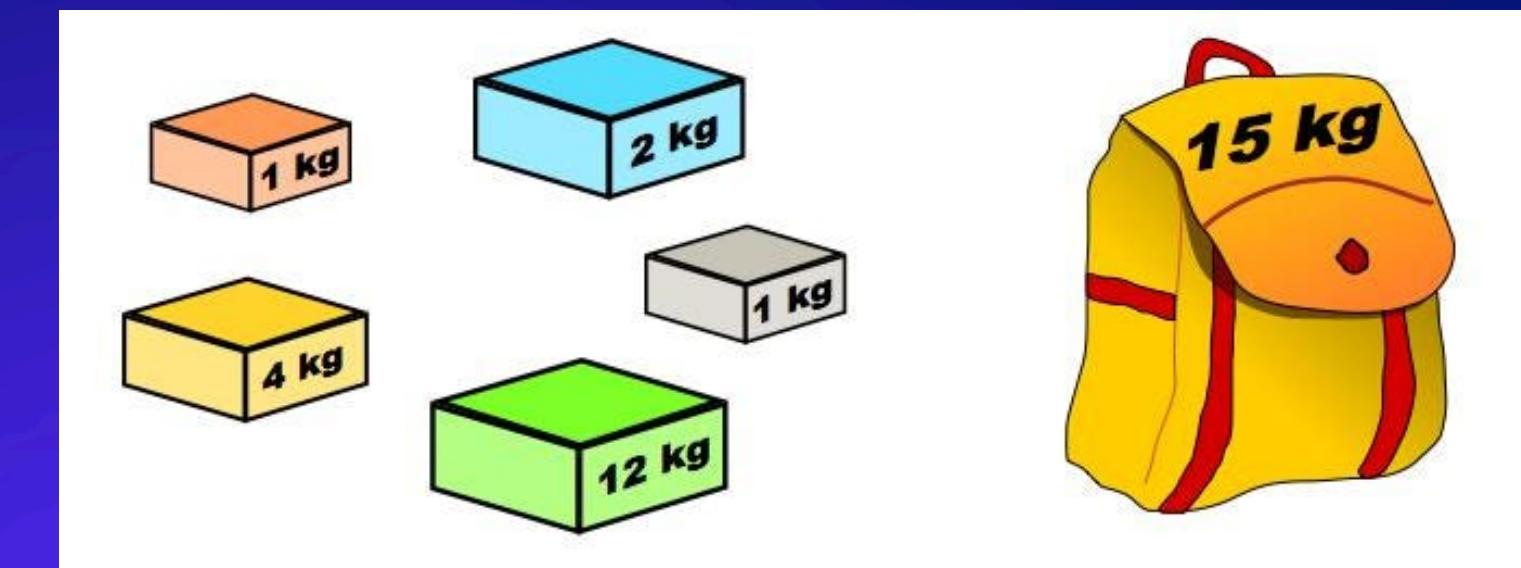
### OPTIMISATION RIGOUREUSE

UN MODÈLE INTÉGRE PLUSIEURS TYPES DE CONTRAINTES => TROUVER DES SOLUTIONS QUI RESPECTENT STRICTEMENT CES CONDITIONS.

### PERFORMANCE

### FLEXIBILITÉ

AJOUT DE NOUVELLES CONTRAINTES NE NÉCESSITE PAS DE REDÉVELOPPER INTÉGRALEMENT L'ALGORITHME, MAIS SIMPLEMENT DE MODIFIER LE MODÈLE.





# APPROCHES PAR PPC

## 2. CONTRAINTES MODÉLISÉES

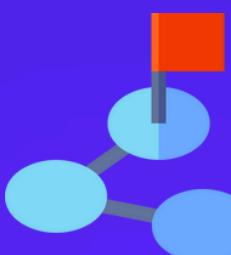
AFFECTATION DE TÂCHES



MINIMISATION DU TEMPS



CHEMIN SANS COLLISION



GESTION DE LA BATTERIE





# APPROCHES PAR PPC

## 3. OUTIL UTILISÉ

### GOOGLE OR-TOOLS

SUITE LOGICIELLE OPEN SOURCE D'OPTIMISATION, CONÇUE POUR RÉSOUTRE LES PROBLÈMES LES PLUS COMPLEXES DU MONDE DANS LES DOMAINES DU CALCUL D'ITINÉRAIRES DES VÉHICULES, DES FLUX, DE LA PROGRAMMATION LINÉAIRE ET ENTIÈRE, AINSI QUE DE LA PROGRAMMATION DE CONTRAINTES.



# ETUDE DE CAS /SIMULATION

VARIABLES DE DECISION:

1. AFFECTATIONS DES TACHES AUX ROBOTS
2. TEMPS DES TACHES
3. POSITIONS DE DEPART DES ROBOTS

# CONCLUSION



# SOURCE

- [1] A TWO-OBJECTIVE ILP MODEL OF OP-MATSP FOR THE MULTI-ROBOT TASK ASSIGNMENT IN AN INTELLI-GEN WAREHOUSE.
- [2] MULTI-CONSTRAINED VORONOI-BASED TASK ALLOCATOR FOR SMART-WAREHOUSES.
- [3] SCHEDULING IN PYTHON WITH CONSTRAINT PROGRAMMING.
- [4] EMPLOYEE SCHEDULING.
- [5] ASSIGNMENT WITH TEAMS OF WORKERS.
- [6] MODELING MULTI-AGENT COLLISION IN GOOGLE CP-SAT SOLVER.
- [7] ENTREPRISE QUI PROPOSE DES SOLUTIONS DE ROBOTS INTELLIGENTS.<sup>10</sup>