



# PRÉSENTATION DU PROJET DU MASTER 1 ROBOTIQUE

---

## NAVIGATION AUTONOME D'UN ROBOT MOBILE

---

Présenté par : ARGUI Imane.

BOOUNOUADER Hasnaa.

Encadré par : M. CHERUBINI Andrea.

# PLAN DE LA PRÉSENTATION

- Contexte du projet.
- Navigation des robots mobiles.
- Algorithme de Dijkstra.
- Résultats et discussion.
- Conclusion et perspectives.

# CONTEXTE DU PROJET

## OBJECTIF DU PROJET

Le robot doit se déplacer d'un point de départ vers un point d'arrivée.

## ENVIRONNEMENT

Environnement connu (y compris les obstacles présents).

## MODE DE CONTROLE

Mode de contrôle autonome.  
L'algorithme utilisé est l'algorithme Dijkstra.

## OUTILS

Matlab et CoppeliaSim

# NAVIGATION DU ROBOT

## Domaines d'application de la navigation des robots mobiles

Élargissement de l'utilisation dans différents secteurs :  
Medical, agricole, industriel, domestique ...



## Robot objet du projet : Pioneer 3dx

Forte présence dans le domaine de la recherche.

Caractéristiques de ce robot :

- Robustesse.
- Crédibilité.
- Capacité d'être personifié.
- Précision du contrôle de mouvement.

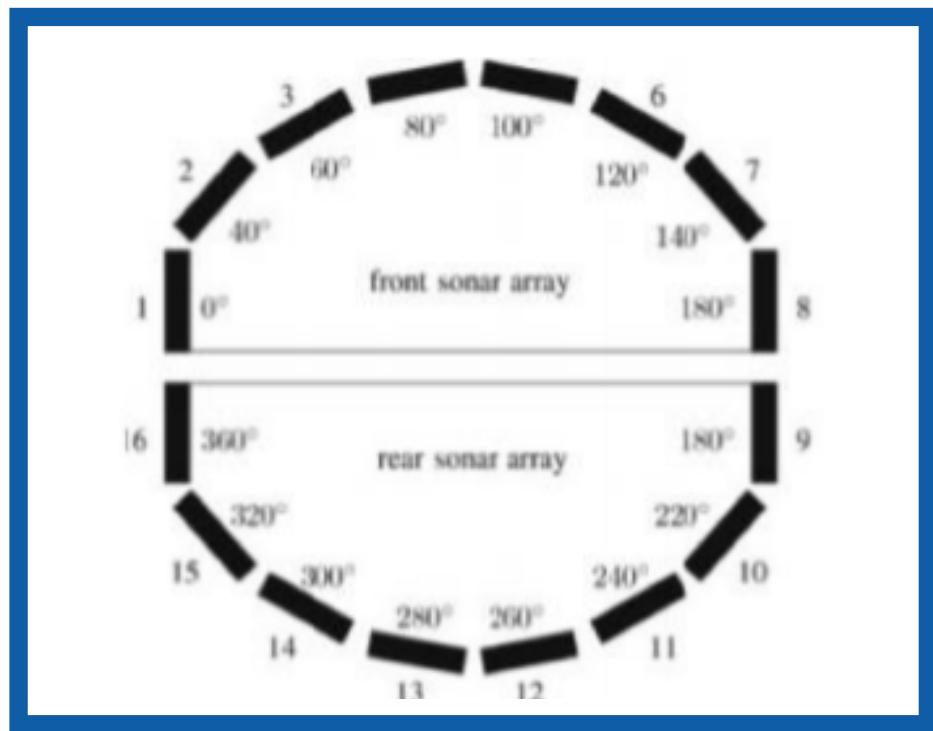


# NAVIGATION DU ROBOT

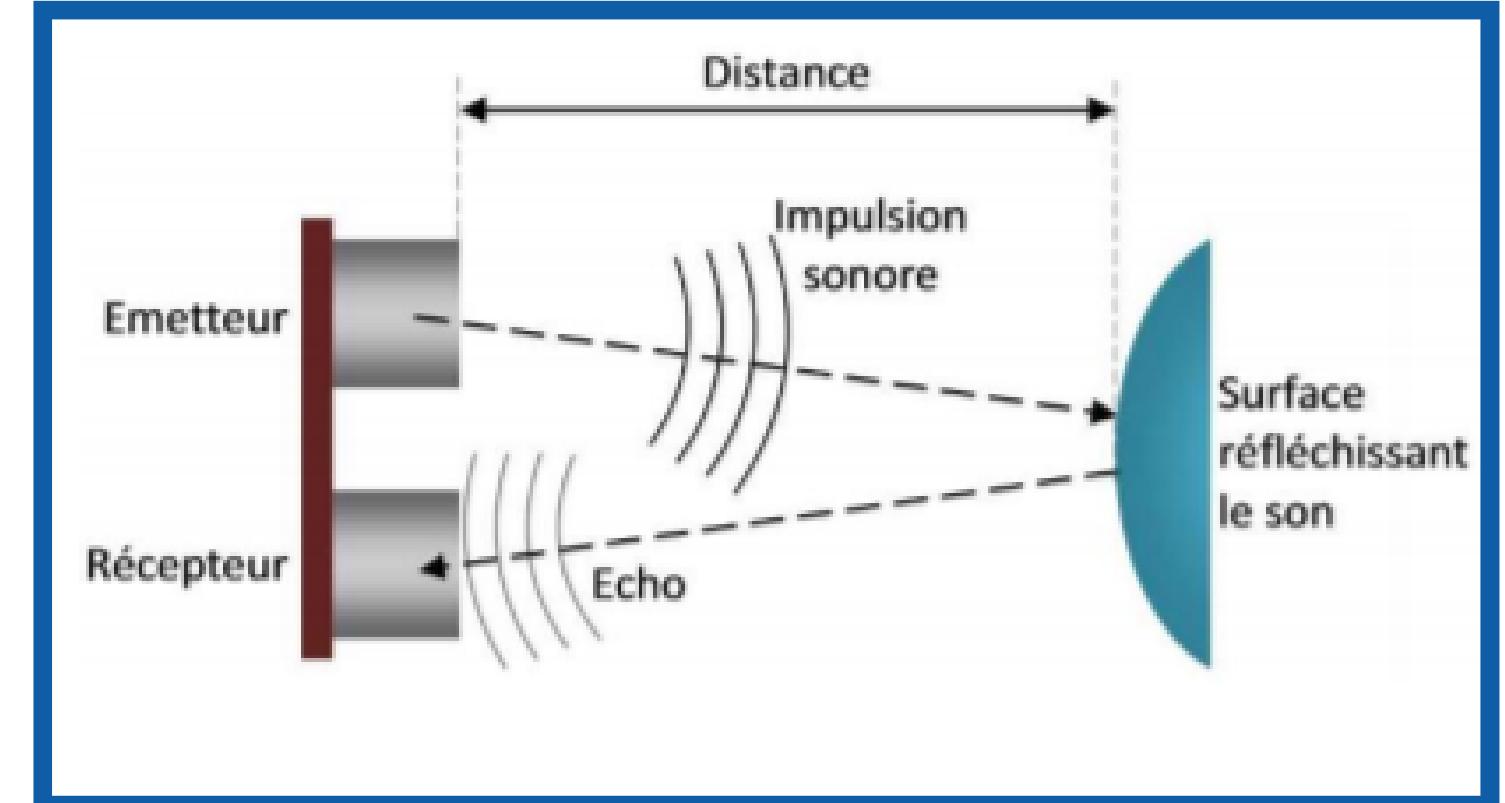
## CAPTEURS DU ROBOT PIONEER 3DX

### Capteurs du robot Pioneer 3dx:

Type de capteurs : Capteurs ultrasons



### Principe de fonctionnement

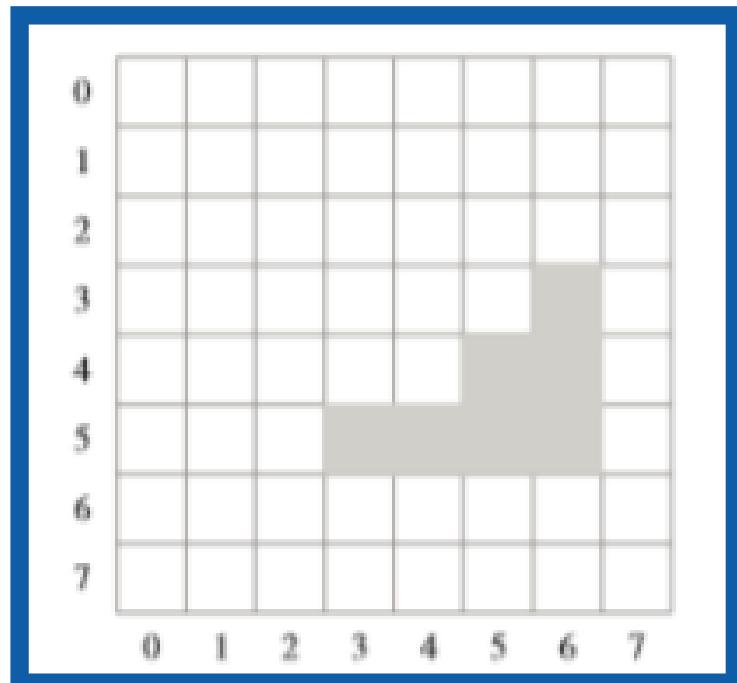


# NAVIGATION DU ROBOT

## TYPES DE CARTES POUR NAVIGUER

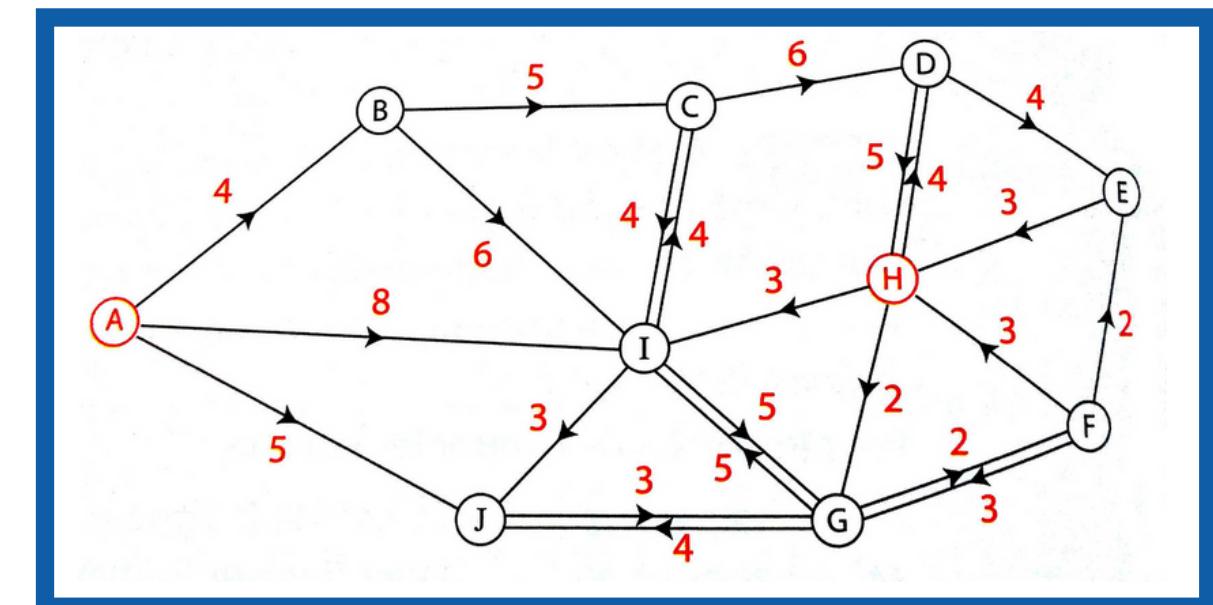
### Cartes géométriques

Subdivision de l'environnement en cellules.



### Cartes topologiques

Représentation de différentes zones où évolue le robot.



# ALGORITHME DE DIJKSTRA

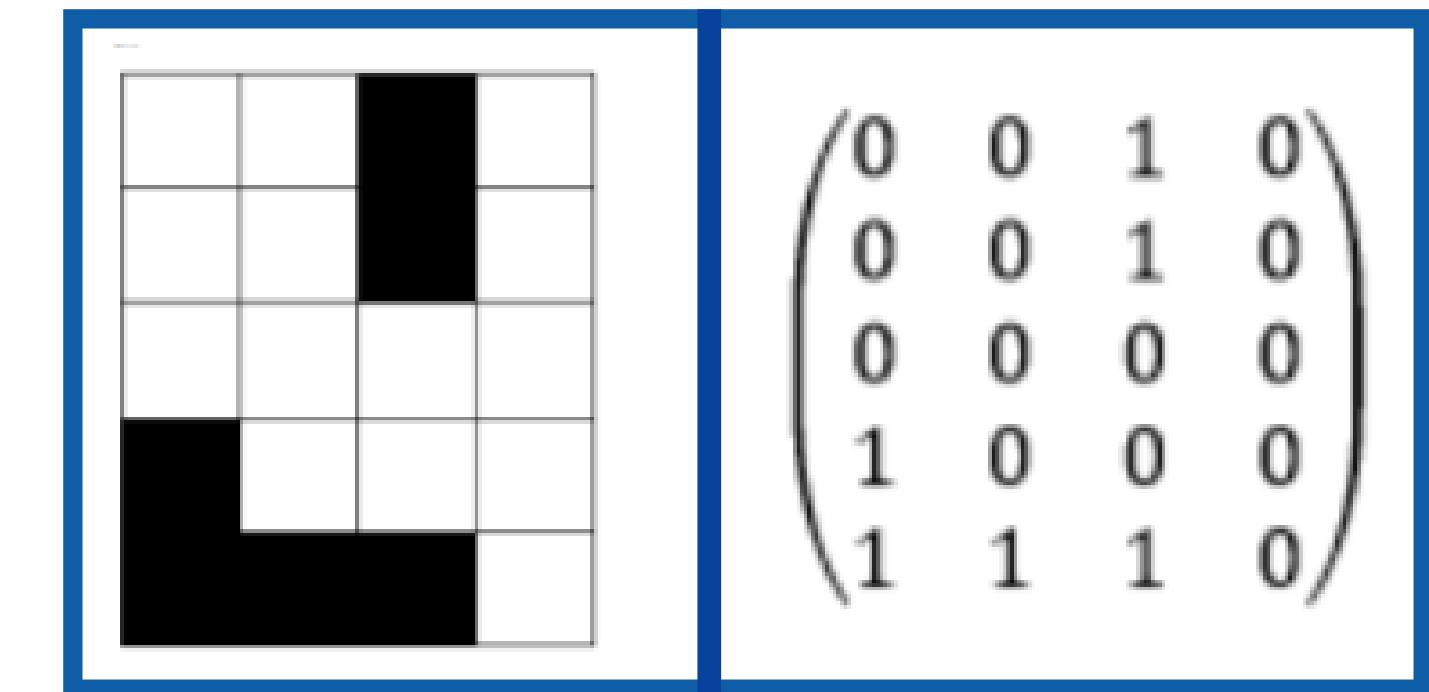
Objectif : Planification du chemin le plus optimal et réaliste à suivre

**Etape 1 :** Définition de l'environnement.

La carte est telle une matrice

Les cellules vides => 0

Les obstacles => 1

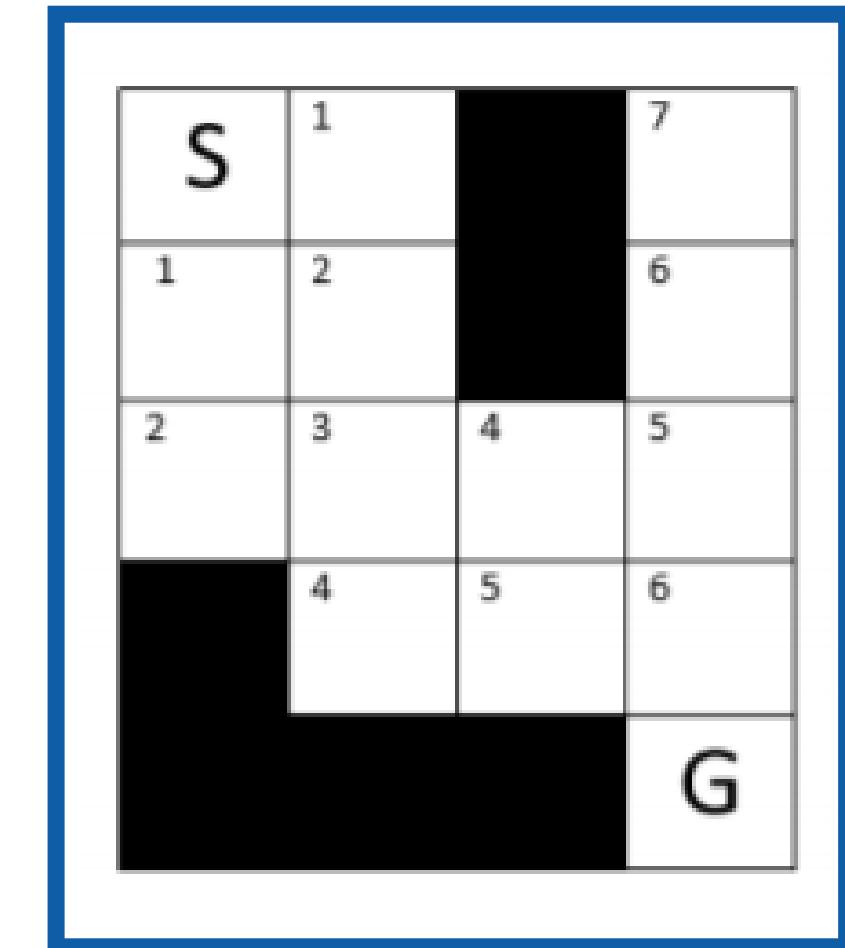


Carte de l'environnement

Matrice représentant  
la carte

# ALGORITHME DE DIJKSTRA

**Etape 2 :** Parcours de la carte tout en définissant le nombre de pas nécessaire depuis le point de départ jusqu'à la cellule parcourue.



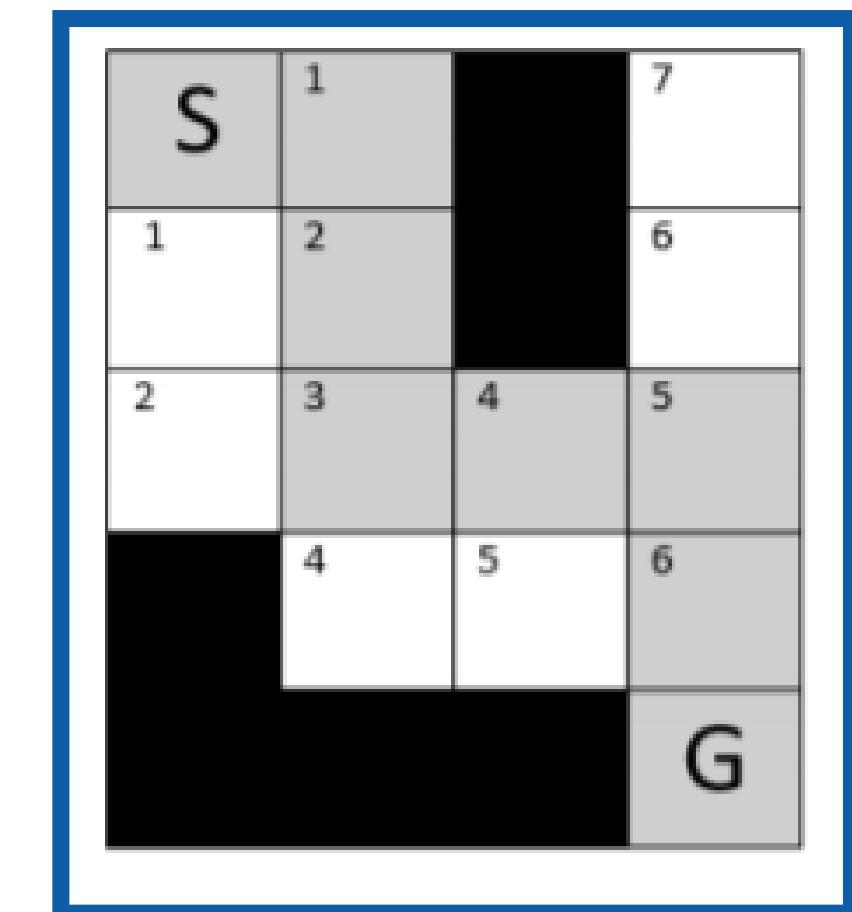
Carte parcourue en entier par l'algorithme

# ALGORITHME DE DIJKSTRA

**Etape 3 :** Définition de la trajectoire la plus courte en allant du point G au point S en arrière.

De chaque cellule n, la cellule n-1 est choisie jusqu'à l'arrivée au point S.

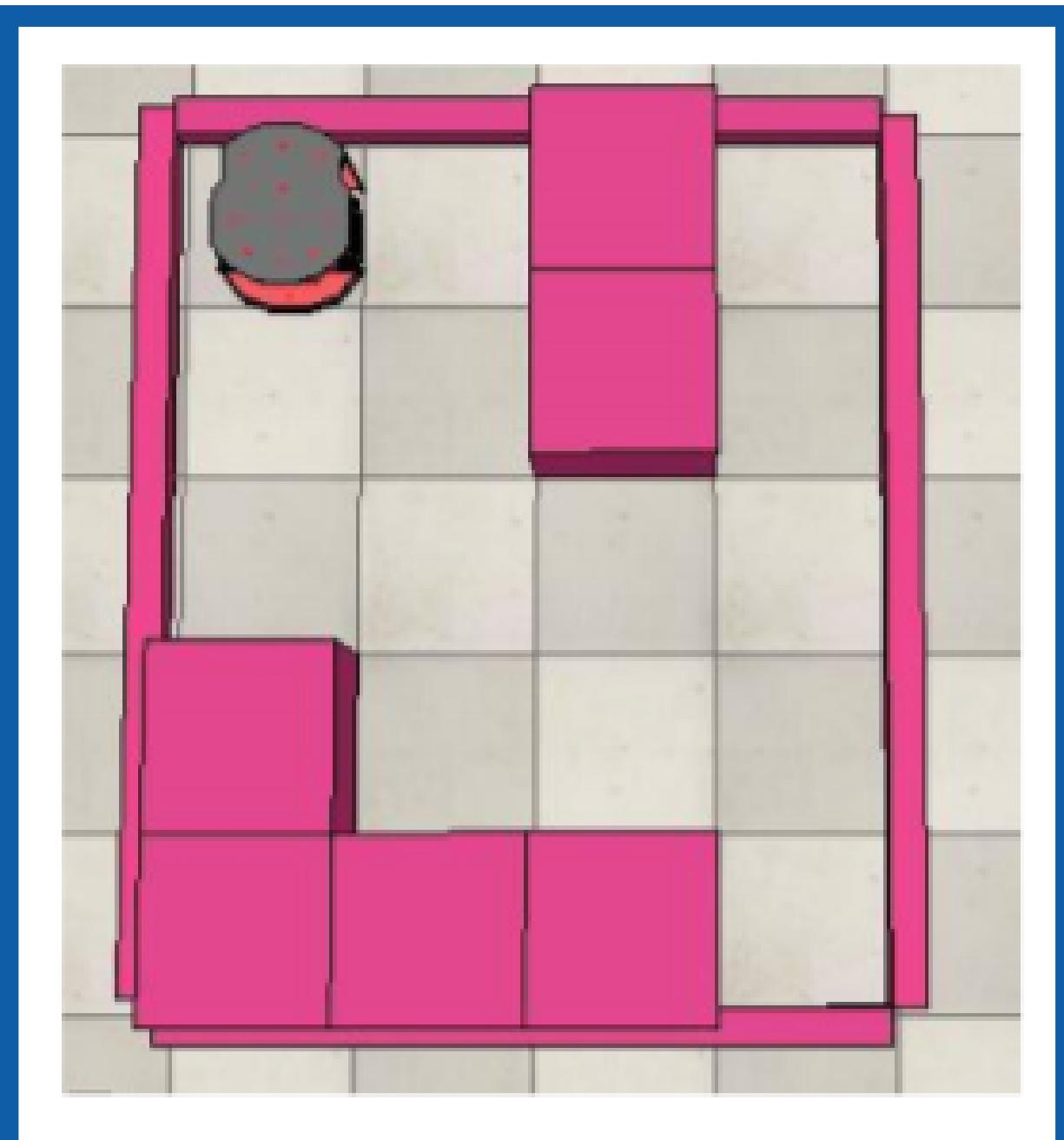
Il peut exister plus d'un chemin court !  
Le choix est alors arbitraire.



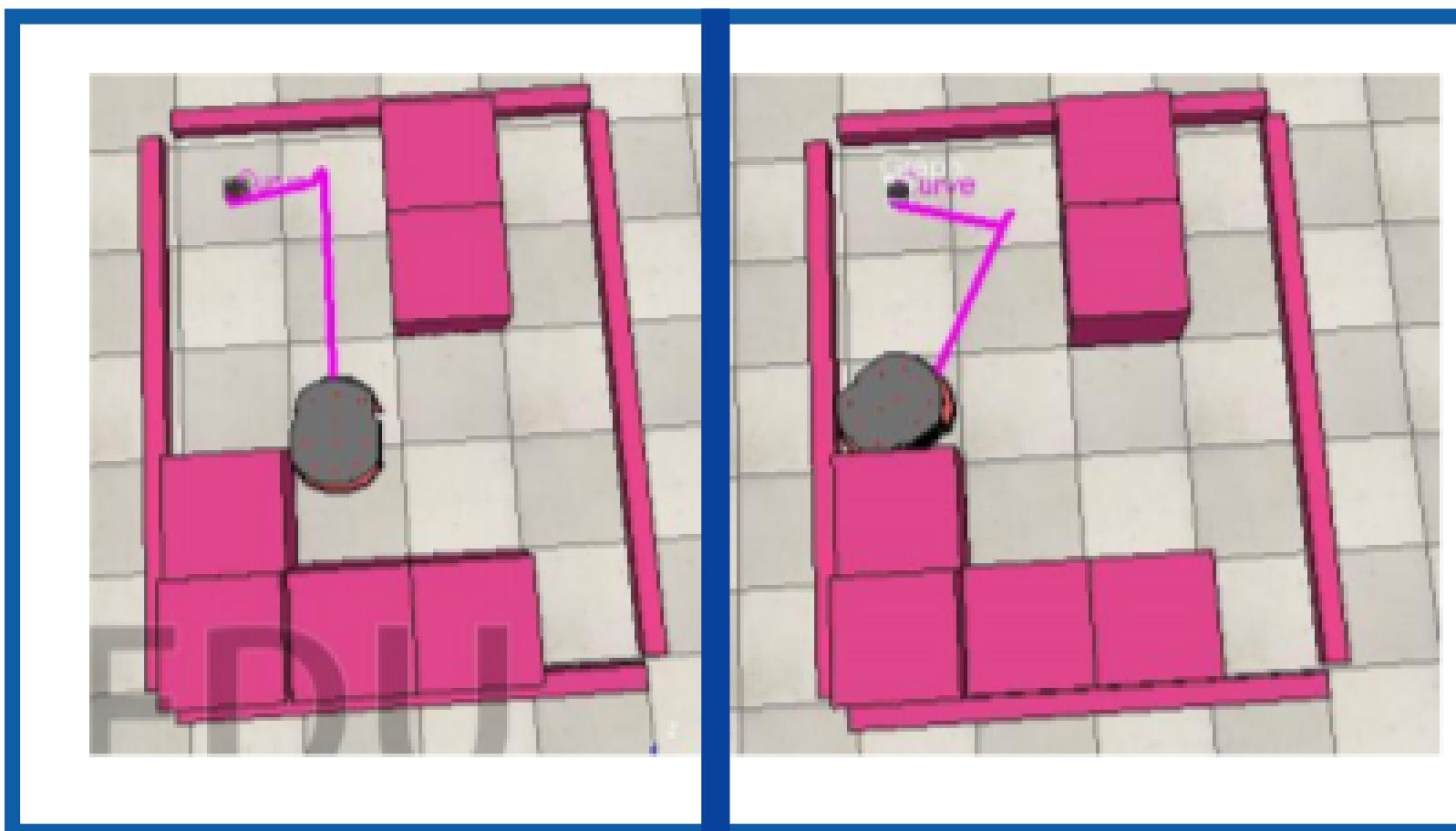
Trajectoire définie par l'algorithme

# RÉSULTATS ET DISCUSSION

## ESPACE DE TRAVAIL SUR COPELLIASIM



# RÉSULTATS ET DISCUSSION

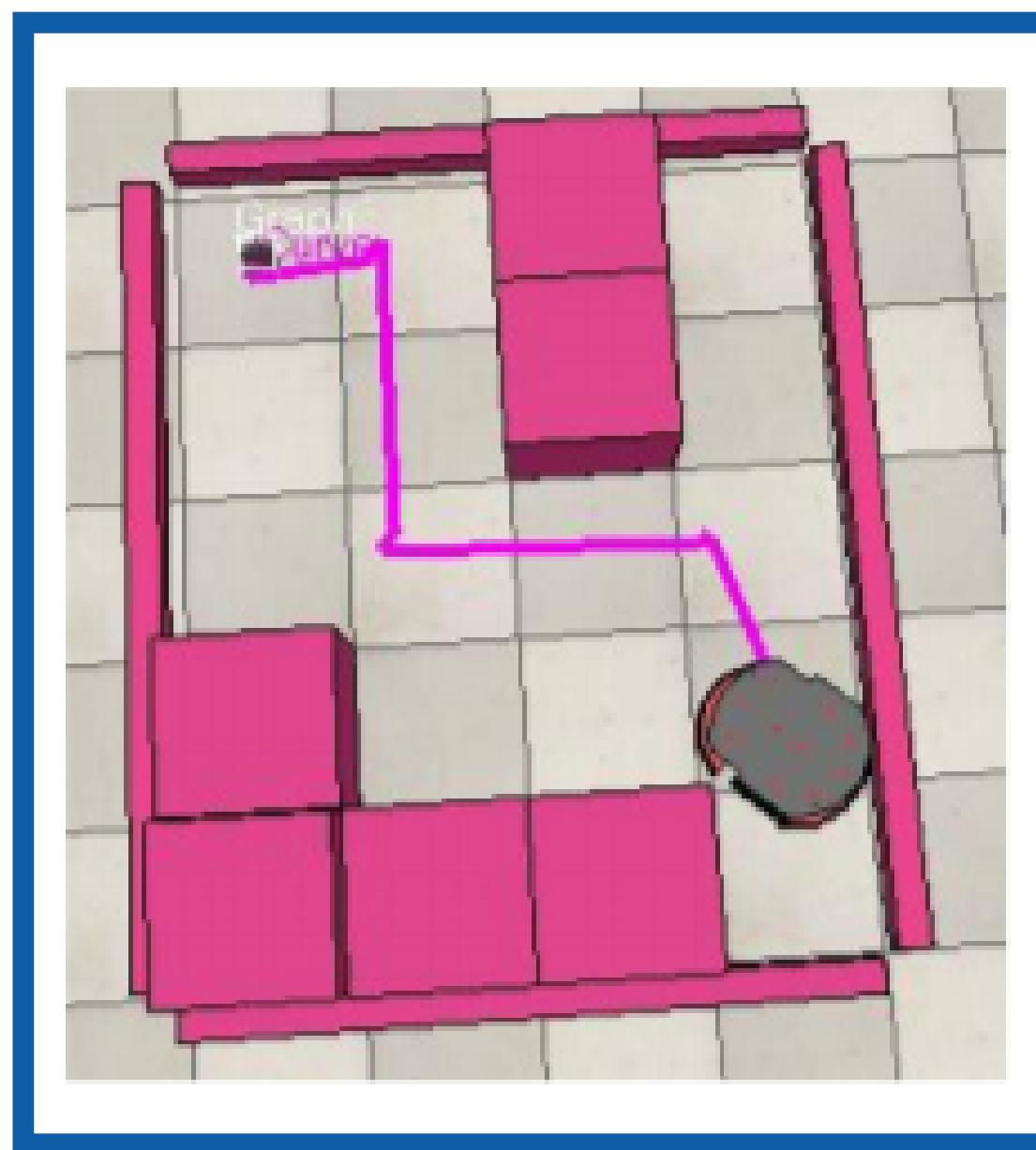


Trajectoires effectuées par le robot

**Problématique** : le robot effectue des trajectoires différentes pour une même commande.

**Solution** : Recours aux capteurs ultra-sons.

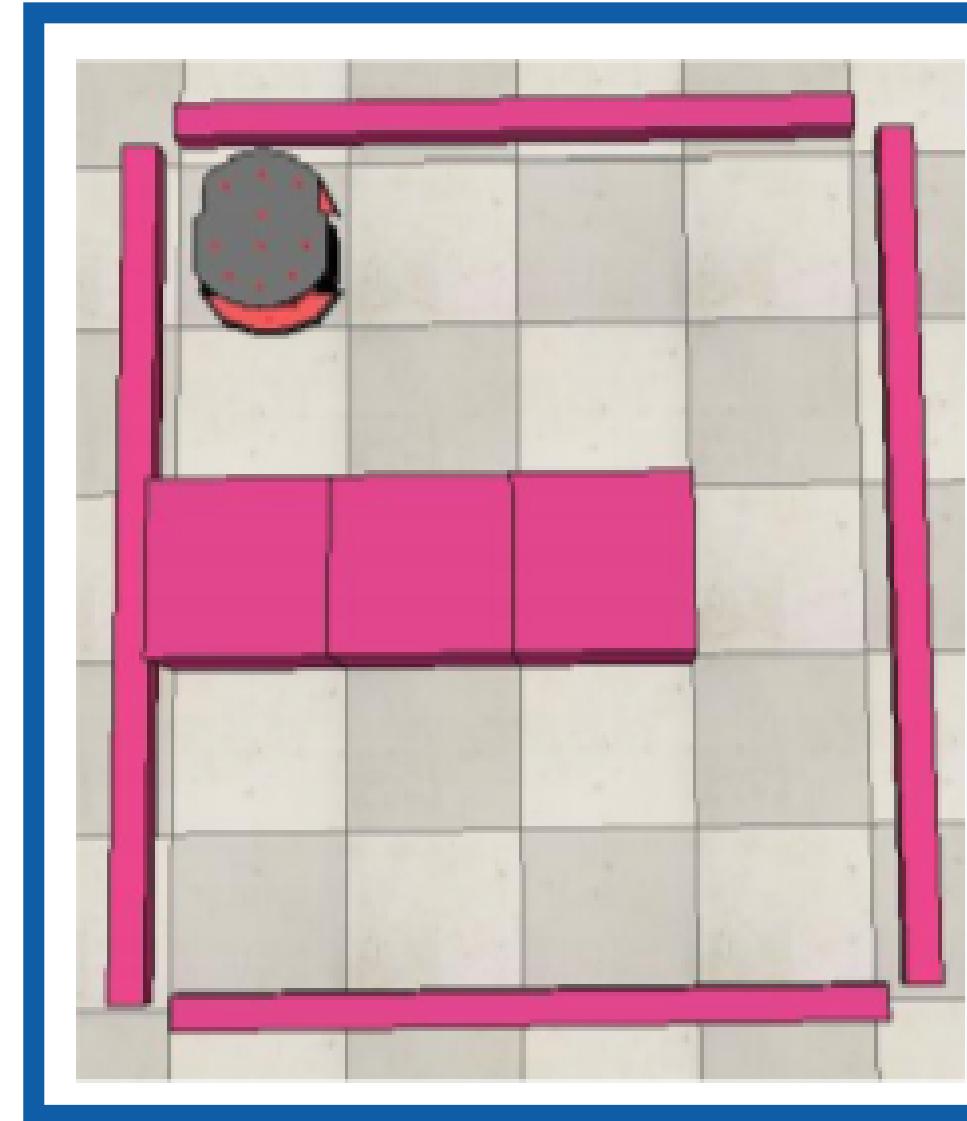
# RÉSULTATS ET DISCUSSION



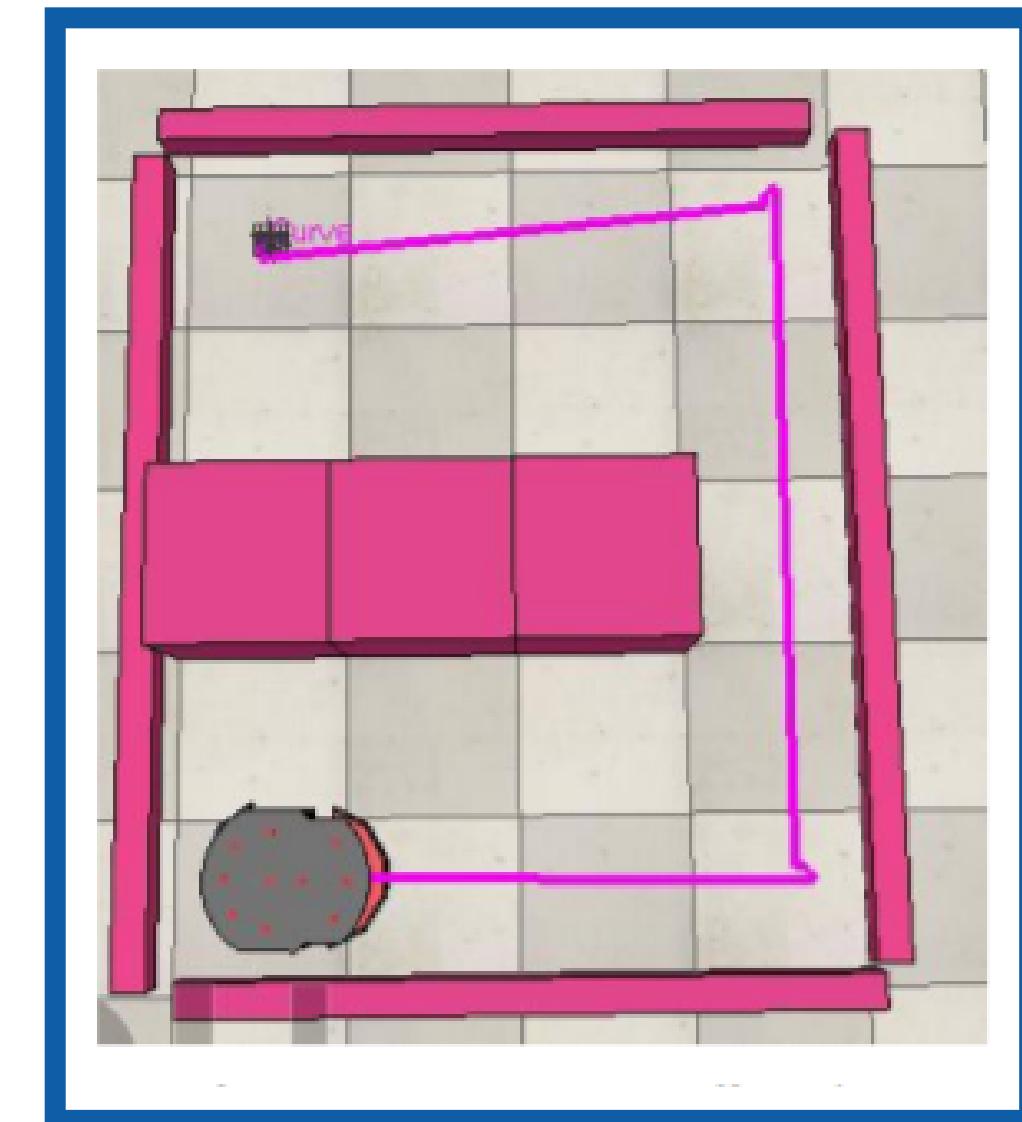
Trajectoire effectuée par le robot en utilisant les capteurs ultrasons

# RÉSULTATS ET DISCUSSION

## VÉRIFICATION DE L'ALGORITHME



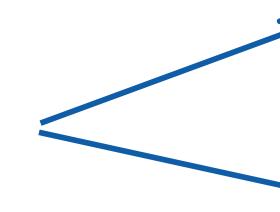
Nouvelle carte



Trajectoire effectuée

# CONCLUSION ET PERSPECTIVES

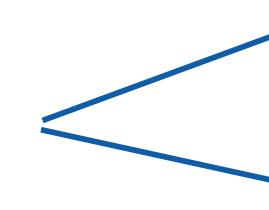
- Planification de la trajectoire



Algorithme de Dijkstra.

Algorithme de A\*.

- Execution des commandes



Capteurs Ultrasons.

Caméra.

**Perspectives :** Mise en place de lien entre la navigation et la localisation du robot mobile (“Simultaneous Localization and Map Building)



# PRÉSENTATION DU STAGE DE MASTER 1 ROBOTIQUE

---

# COMMANDE CINÉMATIQUE DU BRAS DE ROBOT POPPY

---

Présenté par : ARGUI Imane.  
Encadré par : M. SALIH Abdelaziz.

# PLAN DE LA PRÉSENTATION

- Contexte du stage.
- Le robot utilisé.
- Modélisation et commande du bras.
- Résultats de la commande cinématique.
- Conclusion et perspective.

# CONTEXTE DU STAGE

## OBJECTIF

Commande  
cinématique  
du bras d'un  
robot

## ROBOT UTILISÉ

Robot  
humanoïde  
Poppy

## OUTILS

Matlab  
Maple

## CONDITIONS DE RÉALISATION

Lieu de stage prévu :  
LIRMM  
Réalisé en télétravail  
suite COVID.  
Durée de stage : 7  
semaines.

# LE ROBOT UTILISÉ

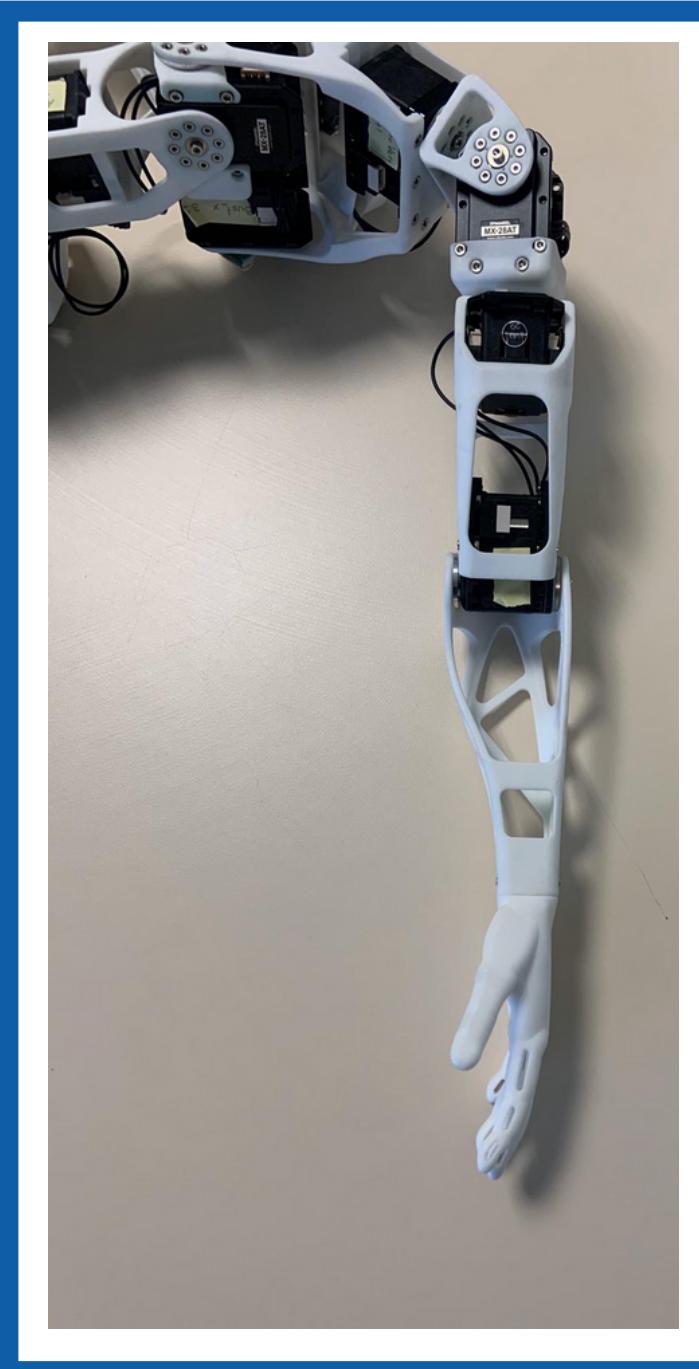
## LE ROBOT POPPY



- Robot humanoïde Poppy composé de 25 moteurs :
  - 5 pour chaque jambe.
  - 4 pour chaque bras.
  - 5 pour le buste.
  - 2 pour la tête.Colonne vertébrale totalement actionnée.
- Plateforme activement utilisée dans les laboratoires, écoles d'ingénieurs et projets artistiques.

# LE ROBOT UTILISÉ

## ETUDE DU BRAS DU ROBOT



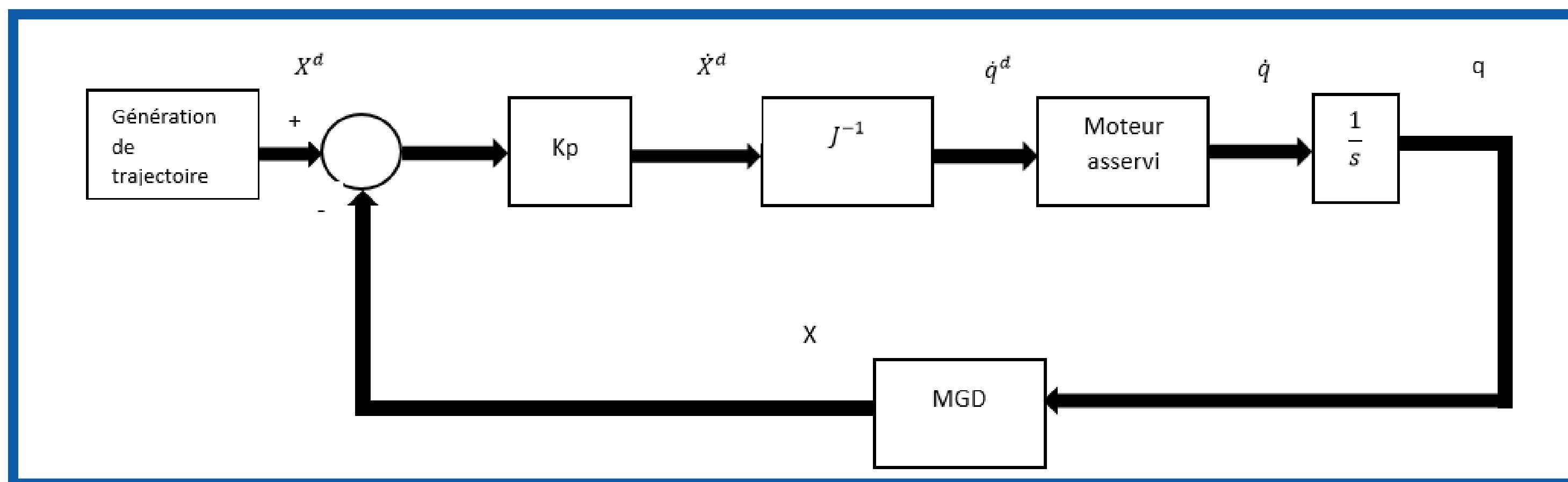
- Nombre d'articulations du bras : 4.
- Articulations utilisées : 3.
- 1 articulation est fixée pour simplifier les calculs.
- Objectif : Faire déplacer le bras d'une position initiale à une position finale.
- Commande utilisée : commande cinématique

# MODELISATION ET COMMANDE DU BRAS

## COMMANDE CINEMATIQUE

Application des concepts théoriques :

Génération de trajectoire, modèle géométrique direct, modèle cinématique direct et inverse.



Bloc général de la commande cinématique

# MODELISATION ET COMMANDE DU BRAS

## GÉNÉRATION DE TRAJECTOIRE

1ère étape de la réalisation de la commande.

$$r = 3 \cdot \left(\frac{t}{T_f}\right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{t}{T_f}\right)^3$$

$$D = X_f - X_i$$

$$X = X_i + r \cdot D$$

**Méthode utilisée :** Interpolation polynomiale.

=> 2 contraintes de position.

=> 2 contraintes de vitesse.

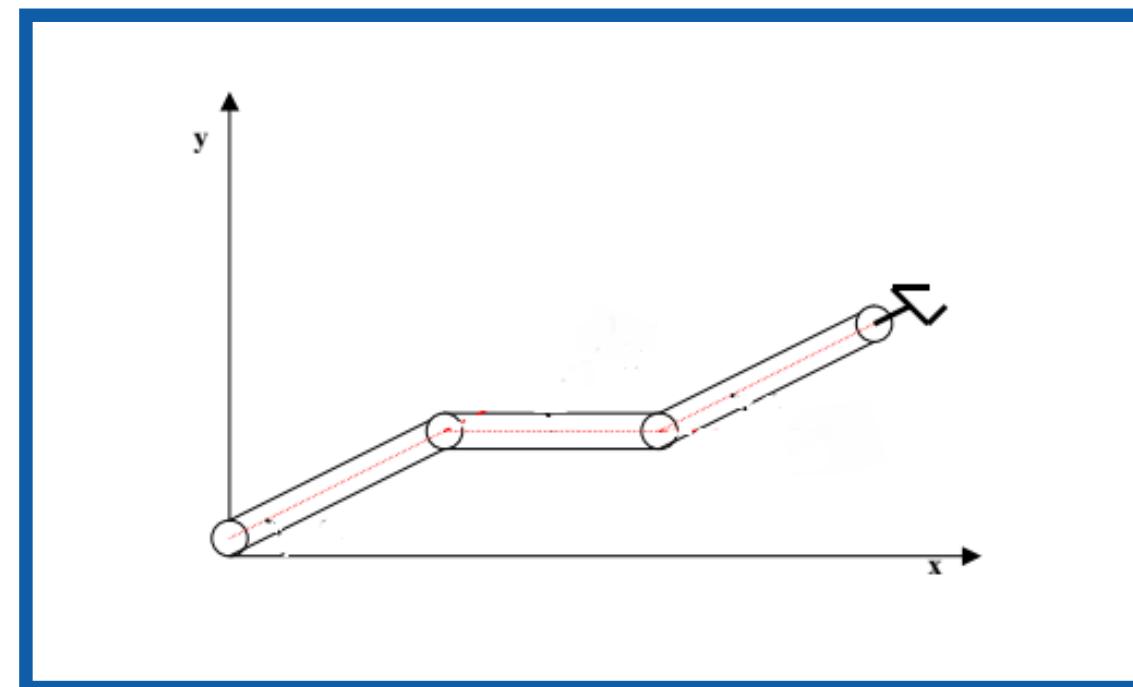
Polynome de degré 3

# MODELISATION ET COMMANDE DU BRAS

## MODELISATION GEOMETRIQUE DU BRAS

$$x = (a_1 + a_2) \cdot \cos\theta_1 + a_3(\cos\theta_1 \cdot \cos\theta_2 - \cos\theta_2 \cdot \sin\theta_1 \cdot \sin\theta_3)$$
$$y = (a_1 + a_2) \cdot \sin\theta_1 + a_3(\sin\theta_1 \cdot \cos\theta_3 + \cos\theta_1 \cdot \cos\theta_2 \cdot \sin\theta_3)$$
$$z = a_3 \cdot \sin\theta_2 \cdot \sin\theta_3$$

Modèle géométrique direct du bras



Représentation du bras

- L'expression des coordonnées opérationnelles du bras définit la situation de l'organe terminal.
- Chaque articulation est caractérisée par son propre repère.
- Pose de chaque articulation est décrite par rapport au repère précédent.
- Représentation des trois poses dans le repère absolu.

Rappel:

$$\mathbf{X} = MGD(\mathbf{q})$$

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{q} = \begin{pmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{pmatrix}$$

# MODELISATION ET COMMANDE DU BRAS

## MODELISATION CINEMATIQUE DU BRAS

- L'expression des vitesses des coordonnées opérationnelles du bras en fonction des vitesses articulaires.
- La dérivée du modèle géométrique à l'aide de l'outil Maple.

$$\dot{X} = MCD(\dot{q})$$

$$\dot{X} = J \cdot \dot{q}$$

$$\begin{aligned}\dot{x} = & \dot{\theta}_1 \cdot ((a_1 + a_2) \cdot \sin\theta_1 - a_3 (\sin\theta_1 \cos\theta_3 - \cos\theta_1 \cos\theta_2 \sin\theta_3)) \\ & + \dot{\theta}_2 \cdot (a_3 \sin\theta_1 \sin\theta_2 \cdot \sin\theta_3) + \dot{\theta}_3 \cdot (-a_3 \cdot (\sin\theta_1 \cdot \cos\theta_2 \cdot \cos\theta_3 \\ & + \cos\theta_1 \cdot \sin\theta_3))\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{y} = & \dot{\theta}_1 \cdot ((a_1 + a_2) \cos\theta_1 + a_3 (\cos\theta_1 \cdot \cos\theta_3 - \sin\theta_1 \cdot \cos\theta_2 \cdot \sin\theta_3)) \\ & + \dot{\theta}_2 \cdot (-a_3 \cdot \cos\theta_1 \cdot \sin\theta_2 \cdot \sin\theta_3) + \dot{\theta}_3 \cdot (a_3 \cdot (\cos\theta_1 \cdot \cos\theta_2 \cdot \cos\theta_3 \\ & - \sin\theta_1 \cdot \sin\theta_3))\end{aligned}$$

$$\dot{z} = \dot{\theta}_2 \cdot (a_3 \cdot \cos\theta_2 \cdot \sin\theta_3) + \dot{\theta}_3 \cdot (a_3 \cdot \sin\theta_2 \cdot \cos\theta_3)$$

# MODELISATION ET COMMANDE DU BRAS

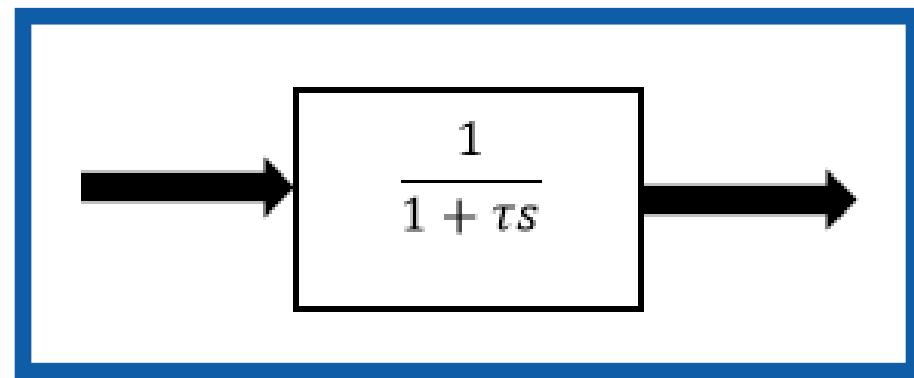
## MODELISATION CINEMATIQUE INVERSE DU BRAS

- Objectif : Calcul des vitesses articulaires.  
Vitesses articulaires => Vitesses opérationnelles
- Pour obtenir le modèle cinématique inverse, nous inversons le MCD en résolvant l'équation suivante :  
$$\dot{q} = J^{-1} \cdot \dot{X}$$
- La matrice  $J^{-1}$  est la matrice Jacobienne inverse du robot.

MATLAB => `inv(J)`

# MODELISATION ET COMMANDE DU BRAS

## ASSERVISSEMENT DES MOTEURS



Fonction de transfert du servomoteur

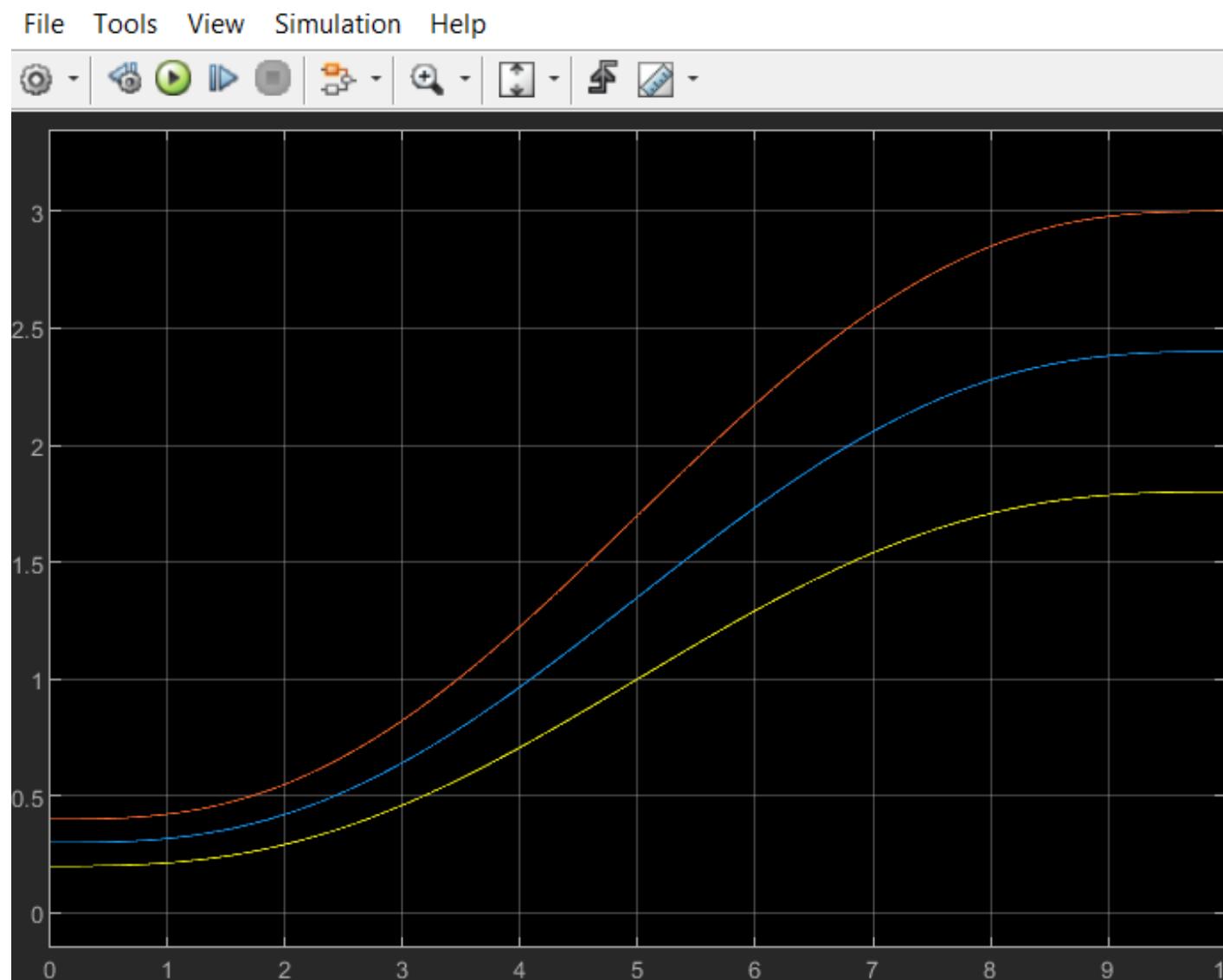


- Type d'actionneurs du robot : Servomoteurs Dynamixel.
- Le système déjà asservi.
- La position vérifiée en continu et corrigée en fonction de la mesure.

# RÉSULTATS DE LA COMMANDE CINÉMATIQUE

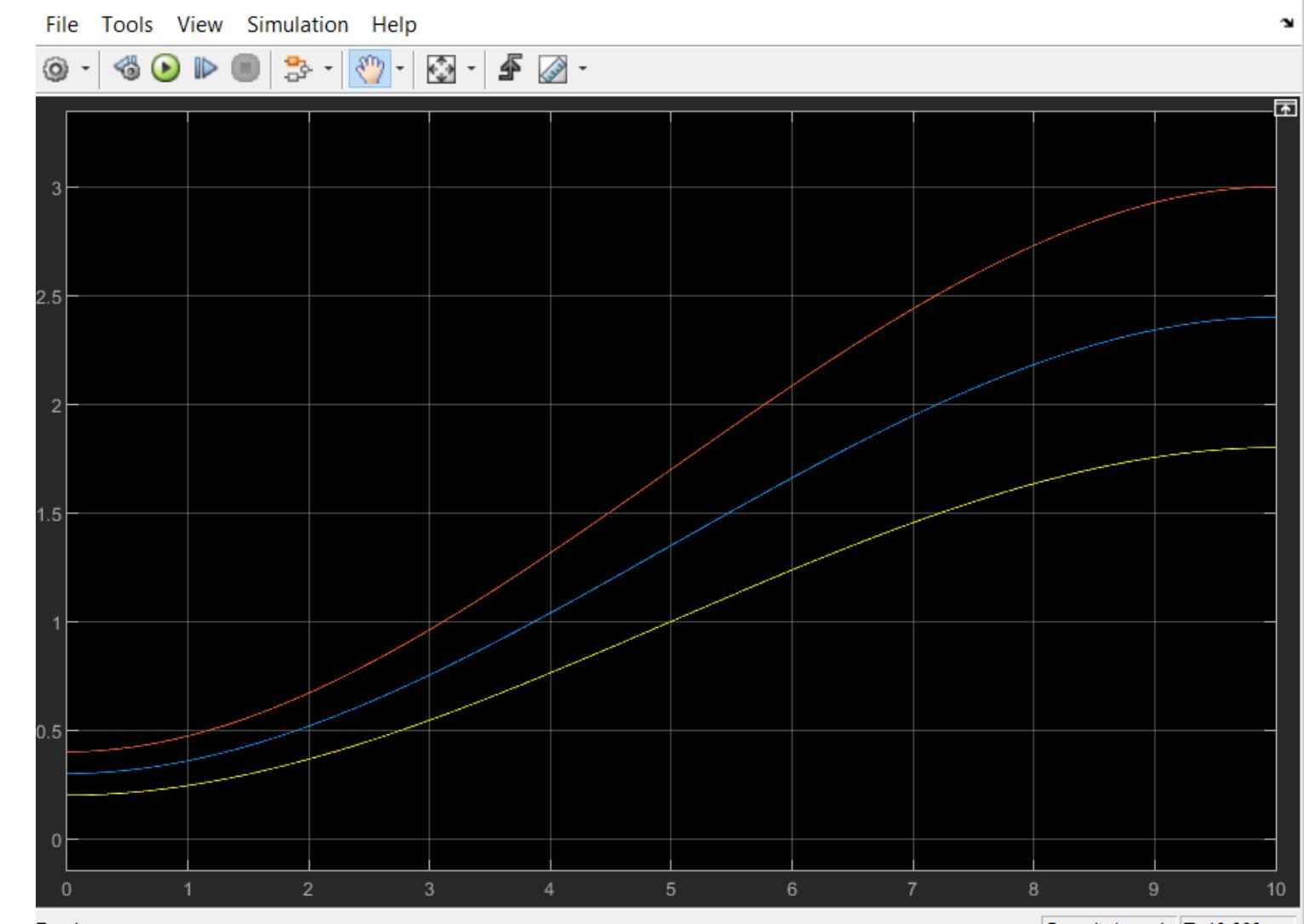
## Trajectoire désirée du bras

- Positions initiales et finales imposées au robot.
- Visualisation de la trajectoire désirée sur Simulink.



## Trajectoire obtenue

- Positions initiales et finales identiques à la trajectoire désirée.



# CONCLUSION ET PERSPECTIVES

## Conclusion :

### Analyse critique de la commande cinématique

✓ Simplicité d'utilisation.

✗ L'usage de la matrice jacobienne inverse, qui dans certains cas, peut devenir singulière.

## Perspectives :

- Simulation sur CoppeliaSim.
- Essai sur le robot Poppy.
- Prise en considération de commandes plus avancées telles que la commande dynamique, la commande par découplage linéaire et d'autres commandes.