

Automatique

A.Hably

Problème

Roadmap

- Modélisation
- Retour sur le cahier de charges
- Stratégie de la commande
 - Commande de θ
 - Commande de la vitesse du Robot

Simulation

Automatique

A. Hably¹

¹Gipsa-lab, Grenoble-INP

ahmad.hably@grenoble-inp.fr

Commande d'un robot mobile



Automatique

A.Hably

Problème

Roadmap

Modélisation
Retour sur le cahier de charges
Stratégie de la commande
Commande de θ
Commande de la vitesse du Robot

Simulation

1 Problème

2 Roadmap

- Modélisation
- Retour sur le cahier de charges
- Stratégie de la commande
 - Commande de θ
 - Commande de la vitesse du Robot

3 Simulation

Énoncé et cahier de charges

Automatique

A.Hably

Problème

Roadmap

Modélisation
Retour sur le cahier de charges
Stratégie de la commande
 Commande de θ
 Commande de la vitesse du Robot

Simulation

- Faire suivre au robot une ligne.
- Des capteurs de lumière, positionnés sur le devant et qui pointent vers le sol afin de détecter une ligne noire.

Énoncé et cahier de charges

Automatique

A.Hably

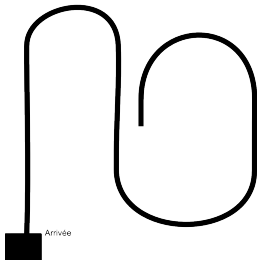
Problème

Roadmap

Modélisation
Retour sur le cahier de charges
Stratégie de la commande
Commande de θ
Commande de la vitesse du Robot

Simulation

- Faire suivre au robot une ligne.
- Des capteurs de lumière, positionnés sur le devant et qui pointent vers le sol afin de détecter une ligne noire.



Énoncé et cahier de charges

Automatique

A.Hably

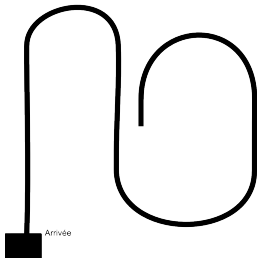
Problème

Roadmap

Modélisation
Retour sur le
cahier de charges
Stratégie de la
commande
Commande de
 θ
Commande de
la vitesse du
Robot

Simulation

- Faire suivre au robot une ligne.
- Des capteurs de lumière, positionnés sur le devant et qui pointent vers le sol afin de détecter une ligne noire.



Contrainte : le robot peut seulement, à partir des informations venant des capteurs, estimer sa déviation par rapport à la ligne.

Automatique

A.Hably

Problème

Roadmap

Modélisation
Retour sur le cahier de charges
Stratégie de la commande
Commande de θ
Commande de la vitesse du Robot

Simulation

- 1 Trouver le modèle du système (États, entrées et sorties) avec les actionneurs et capteurs.
- 2 Vérifier le cahier de charges
- 3 Proposer une commande (plusieurs méthodes).
- 4 Tester en simulation
- 5 Test, implantation, validation, etc...

Automatique

A.Hably

Problème

Roadmap

Modélisation

- Retour sur le cahier de charges
- Stratégie de la commande

- Commande de θ

- Commande de la vitesse du Robot

Simulation

$$\dot{x} = \frac{v_g + v_d}{2} \cos(\theta)$$

$$\dot{y} = \frac{v_g + v_d}{2} \sin(\theta)$$

$$\dot{\theta} = \frac{v_g - v_d}{l}$$

avec l : distance entre deux roues, v_g et v_d sont les vitesses des deux roues. $\theta = -\omega t$.

Capteurs : 2 capteurs de lumière.

Actionneurs : 2 servomoteurs.

Consigne : La ligne noire.

Retour sur le cahier de charges

Hypothèse

Automatique

A.Hably

Problème

Roadmap

Modélisation
Retour sur le cahier de charges
Stratégie de la commande
Commande de θ
Commande de la vitesse du Robot

Simulation

Supposons que les capteurs soient calibrés sur une échelle de 0 (noir) à 100 (blanc) (**il faut vérifier cette hypothèse et ajuster le calibrage si besoin**).

- La zone est complètement noire, le capteur retourne 0.
- La zone est complètement blanche, le capteur retourne 100.
- Si un capteur retourne une valeur $c < 100$, donc le robot n'est plus aligné avec la ligne
Solution : Faire tourner le robot vers ce capteur d'un angle proportionnel à cette valeur c .

Automatique

A.Hably

- Commande par retour d'états, ou

Problème

Roadmap

Modélisation

Retour sur le cahier de charges

Stratégie de la commande

Commande de θ

Commande de la vitesse du Robot

Simulation

Automatique

A.Hably

Problème

Roadmap

Modélisation

Retour sur le
cahier de chargesStratégie de la
commandeCommande de
 θ Commande de
la vitesse du
Robot

Simulation

- Commande par retour d'états, ou
- Séparer la dynamique du système.
 - Système d'orientation (θ).

$$\dot{\theta} = \frac{u_{\theta}}{l}$$

- Système de translation (x, y).

$$\dot{x} = u_{\delta} \cos(\theta)$$

$$\dot{y} = u_{\delta} \sin(\theta)$$

$$\text{avec } u_{\delta} = \frac{v_g + v_d}{2} \text{ et } u_{\theta} = v_g - v_d$$

Commande de l'orientation du robot θ

Automatique

A.Hably

Problème

Roadmap

Modélisation
Retour sur le cahier de charges
Stratégie de la commande
Commande de θ
Commande de la vitesse du Robot

Simulation

- Trouver la fonction de transfert entre θ et u_θ (en Laplace).
- Boucler le système avec un correcteur (type P ou PI)
- Trouver les paramètres de correcteur pour avoir un système (stable, rapide, sans dépassement, avec une erreur statique nulle..).
- Tester en simulation (Utiliser Matlab).

Réponse d'un système de 2ième ordre

Rules of thumb

$$s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2 = 0, \quad p_{1,2} = -\xi\omega_n \pm \sqrt{\omega_n^2(\xi^2 - 1)}$$

- Rise time 10-90%

$$t_r = \frac{1 + 1.1\xi + 1.4\xi^2}{\omega_n}$$

- Settling time

$$t_s = \frac{3}{\xi\omega_n}$$

- Time to peak amplitude

$$t_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{(1 - \xi^2)}}$$

- Peak overshoot

$$M_p = e^{-\xi\omega_n t_p}$$

Automatique

A.Hably

Problème

Roadmap

Modélisation
Retour sur le cahier de charges
Stratégie de la commande
Commande de θ
Commande de la vitesse du Robot

Simulation

Automatique

A.Hably

Problème

Roadmap

Modélisation
Retour sur le cahier de charges
Stratégie de la commande
Commande de θ
Commande de la vitesse du Robot

Simulation

- **En ligne droite** : Vitesse du robot constante, Donc une "erreur" de distance constante à l'entrée du contrôleur de distance.
Idée : désactiver la partie intégrale du PID et de garder l'entrée constante.

Commande de la vitesse du Robot

Automatique

A.Hably

Problème

Roadmap

Modélisation
Retour sur le cahier de charges
Stratégie de la commande
Commande de θ
Commande de la vitesse du Robot

Simulation

- **En ligne droite** : Vitesse du robot constante, Donc une "erreur" de distance constante à l'entrée du contrôleur de distance.
Idée : désactiver la partie intégrale du PID et de garder l'entrée constante.
- **Au virage** : Vitesse réduite pour éviter dépassements pour les lignes courbées.
Idée : Réduire l'erreur à l'entrée du contrôleur de distance.

Commande v_g and v_d

Automatique

A.Hably

Problème

Roadmap

- Modélisation
- Retour sur le cahier de charges
- Stratégie de la commande
 - Commande de θ
 - Commande de la vitesse du Robot

Simulation

$$v_d = \frac{u_\delta + u_\theta}{2}$$
$$v_g = \frac{u_\delta - u_\theta}{2}$$

Automatique

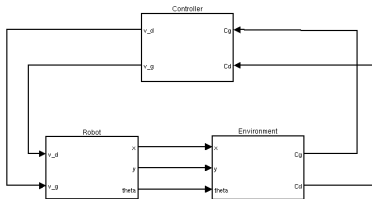
A.Hably

Problème

Roadmap

Modélisation
Retour sur le cahier de charges
Stratégie de la commande
Commande de θ
Commande de la vitesse du Robot

Simulation



- Lancez Matlab/Simulink et ouvrez le modèle.
- Complétez le bloc Controller en fonction des valeurs retournées par les capteurs de lumière C_d et C_g .
- Deux contrôleurs PID pour l'orientation et la vitesse.
- testez votre modèle en effectuant des simulations après avoir initialisé les paramètres du modèle avec le script *Init_Robot_and_Environment.m*.