



**Modélisation d’un robot parallèle à câbles et estimation des paramètres**

**\_**

**Projet Mécatronique**

Gwezheneg RIVIERE

Ngatam THIEBAUT

Table des matières

[Introduction et contexte : 3](#_Toc193443895)

[Contexte 3](#_Toc193443896)

[Robot parallèle à câbles 3](#_Toc193443897)

[Objectifs 3](#_Toc193443898)

[Schémas : 4](#_Toc193443899)

[Schéma des nominations : 4](#_Toc193443900)

[Schéma des dimensions : 5](#_Toc193443901)

[Schéma des bases : 6](#_Toc193443902)

[Modèle géométrique : 7](#_Toc193443903)

[Fermetures géométriques 7](#_Toc193443904)

[Modèle géométrique direct 8](#_Toc193443905)

[Modèle géométrique inverse 9](#_Toc193443906)

[Modèle cinématique 10](#_Toc193443907)

[Calcul Jacobienne 10](#_Toc193443908)

[Modèle cinématique inverse 11](#_Toc193443909)

[Modèle cinématique directe 12](#_Toc193443910)

[Modèle dynamique 13](#_Toc193443911)

[To do List: 14](#_Toc193443912)

[Calcul Jacobienne : 14](#_Toc193443913)

[Modèle : 14](#_Toc193443914)

[Annexes : 15](#_Toc193443915)

[Modèle cinématique 15](#_Toc193443916)

[Expression complète de la Jacobienne du modèle cinématique inverse 15](#_Toc193443917)

[Calcul de la pseudo-inverse de la Jacobienne pour le modèle cinématique direct 16](#_Toc193443918)



Introduction et contexte :

Contexte

Robot parallèle à câbles

Objectifs

Schémas :

Schéma des nominations :

Poulie 2 ()

Poulie 4 ()

Point de fixation 4

Point de fixation 1

Point de fixation 1

Point de fixation 2

Effecteur (E)

Poutre de structure 2

Poutre de structure 1

Poulie 1 ()

Poulie 3 ()

Schéma des dimensions :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Dimension** | **Explication** | **Dimensions variables ?** |
|  | Hauteur 1, hauteur des poulies 1 et 3 par rapport au sol. Dimension | Non |
|  | Hauteur 2, hauteur des poulies 2 et 4 par rapport au sol. | Non |
|  | Longueur 1, longueur entre les pieds de la structure du robot parallèle à câbles. | Non |
|  | Longueur de la plaque de l’effecteur. | Non |
|  | Largeur de la plaque de l’effecteur. | Non |
|  | Longueur du câbles i. | Oui |

|  |  |
| --- | --- |
| **Repère** | **Objet associé** |
|  | Structure fixe du robot parallèle à câbles. Repère parallèle au sol. |
|  | Poulie i du robot parallèle à câbles. Repère parallèle au sol. |
| Pour i = 3,4 | Point d’accroche i sur l’effecteur du robot parallèle à câbles. Repère avec un angle |
| Pour i = 1, 2 | Point d’accroche i sur l’effecteur du robot parallèle à câbles . Repère avec un angle |
|  | Effecteur du robot parallèle à câbles. Repère avec un angle . |

Schéma des bases :

Modèle géométrique :

Fermetures géométriques

Fermeture géométrique par la poulie 1,  :



Fermeture géométrique par la poulie 2,  :



Fermeture géométrique par la poulie 3,  :

Fermeture géométrique par la poulie 4,  :

Modèle géométrique direct

On a donc :

Ce qui nous donne avec  :

Pas sûr

1. :
2. :

Modèle géométrique inverse

Ces équations nous permettent d’avoir les expressions les longueurs des câbles :

1. :
2. :
3. :
4. :

On notera que les longueurs des câbles sont donné par la relation :

Dans notre étude, on supposera que les enrouleurs sont les même on a donc :

**Ces relations nous permettent d’avoir un lien directe entre les longues des câbles i et les angles de rotation des moteurs i. Ces angles de rotation étant les paramètres commandables, ils seront les valeurs en entrée de notre système.**

1. :
2. :

Pour le modèle cinématique, nous devons d’abord définir la position initiale de l’effecteur dans le repère de la base. On nomme cette position , on calculera les longueurs de câbles liées à cette position plus tard, pour l’instant on note ces longueurs , et on note le vecteur , le vecteur des position angulaire des moteur associé à cette position initiale.

On a donc pour un déplacement à partir de cette position de base, à un point de coordonnées , dont les longueurs de câbles associé sont et les position angulaires des moteurs sont

La variation des positions angulaires qui est donnée par

**(20)** :

Avec , de taille 4x4

Modèle cinématique

Calcul Jacobienne

On pose notre vecteur des sorties () et notre vecteur des entrées , on a :



Le modèle géométrique inverse de notre système est donné par :

On notera les composantes du vecteur et les composantes du vecteur .

La fonction f, permet de calculer les entrées de notre système , à partir des variables de sorties de notre système ( Cette fonction vectorielle découle des équations (15), (16), (17) et (18) présentés précédemment.

L’équation **(20)**, nous donne :

 ,

Or les sont des valeurs constantes, on a donc :

**(21)** :

Or, la relation entre , par définition, s’écrit :

**(22)** :

On en déduit :

**(23)** :

On rappelle que la Jacobienne du modèle cinématique inverse est donc donnée par :

**(24) :**

Avec les , les composantes du vecteur et les , les composantes du vecteur

Par dérivation, on en déduit :

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **i =** |  |  |  |  |
| **1** |  |  |  |  |
| **2** |  |  |  |  |
| **3** | 0 |  |  |  |
| **4** | 0 |  |  |  |

Les sont les coordonnées du point de la poulie i (les points . Et les sont les coordonnées du point d’accroche i sur l’effecteur par rapport au centre de l’effecteur (les points . On a donc :

Tableau  : Tableau d’assignation des paramètres

Modèle cinématique inverse

Modèle cinématique directe

Vérification du modèle géométrique

Test, objectif et attentes

Le test que l’on va faire est le suivant, une translation de 1m (+ 1000mm sur l’axe ) et translation de 1m vers le haut ( + 1000mm sur l’axe . Et l’on souhaite connaitre la longueur des câbles au cours de ce déplacement.

Une image contenant diagramme, ligne, capture d’écran, conception

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.Pour cela, on a besoin définir une position initiale et de connaitre la longueur des câbles à cette position. On définit notre position initial comme étant le centre de notre robot parallèle à câbles :

Pour ce cas-là, on considère que les poulies ont toutes la même longueurs de câbles. On définit les longueurs comme il suit :

Grâce au théorème de Pythagore, on a :

Ce qui nous donne .

L’objectif de ce test est de valider le modèle géométrique et le modèle cinématique que nous vous avons présenté ci-dessus, et que nous avons implanté dans un programme Python.

L’on va donc effectuer ce déplacement sur notre modèle numérique et voir comment varient les longueurs de câbles pendant le test et comparer ces résultats avec ceux que nous avons en refaisant le même déplacement avec le robot parallèle à câble physique.

**Si les résultats sont similaires, cela nous permet de valider nos modèles numériques et cela nous permet de passer au modèle dynamique.**

Résultats du programme Python

Résultats du test sur le robot

Modèle dynamique

Formalisme des écritures :

A noter que l’on se place dans un premier temps dans le cas ou les centres géométriques et massiques soont confondus (plaque à vide).

On écrit alors notre relation dynamique de la manière suivante :

* **f** est le vecteur des forces extérieurs sur la plaque (avec des coordonnées en et )
* **τ** est un vecteur 1 x 1 contenant le moment autour de l’axe auquel la plaque est soumise.
* **M** est la matrice de taille n x n (avec n le nombre de DDL = 3)

To do List:

Correction :

Annexes :

Modèle cinématique

Expression complète de la Jacobienne du modèle cinématique inverse

Calcul de la pseudo-inverse de la Jacobienne pour le modèle cinématique direct

Modèle vitesse constantes

10% accélération 10% décelération

Augmenter le nombre de pt de dicrétistion

–

**Contact  
\_**

Mail : ngatam.thiebaut@ensam.eu