

Etalonnage de robots par vision



**PROGRAMME
UNIT-GDR ROBOTIQUE**

Nicolas Andreff
Novembre 2012

Fondation
unit
Université Numérique
Ingénierie et Technologie

GDR
ROBOTIQUE

Institut Français de Mécanique Avancée
U.V. Etalonnage et Identification des Systèmes
Travaux Dirigés : Etalonnage de robots parallèles

Nicolas Andreff

Dernière modification : Automne 2008

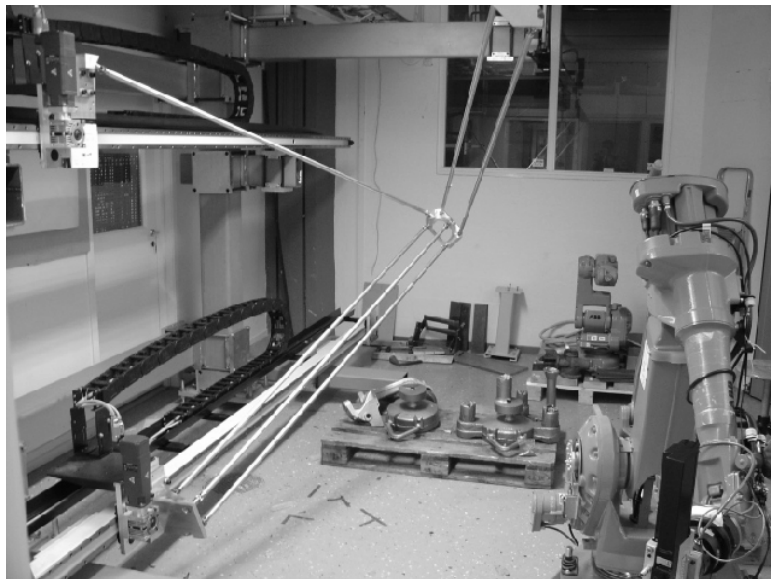


FIGURE 1 – Le robot Gantry Tau, prototype de l'Université de Lund (Suède)

On considère le robot parallèle Gantry Tau breveté par ABB, présenté en Figure 1. Ce robot est constitué de trois moteurs linéaires, idéalement agencés selon trois droites parallèles. Chaque moteur est relié à l'organe terminal par une jambe.

Le première jambe est constituée d'une seule barre en liaison rotule de part et d'autre.

La seconde jambe est constituée de deux barres parallèles de longueurs identiques en liaison rotule de part et d'autre. Ces deux barres forment donc idéalement un parallélogramme.

La troisième jambe est similairement constituée de 3 barres parallèles identiques.

1 Première partie : Modélisation et analyse cinématique

Cette partie constitue essentiellement une révision de l'U.V. Mécanismes et Robotique.

1.1 Analyse cinématique

1. Faire un schéma cinématique du mécanisme
2. Par des considérations géométriques, montrer que ce mécanisme ne possède que 3 ddl en translation
3. Proposer un schéma cinématique équivalent

1.2 Modèles préliminaires

1. Montrer que le modèle géométrique implicite sous forme vectorielle est de la forme :

$$\forall i, {}^b\mathbf{t}_e - {}^b\mathbf{C}_i - q_i {}^b\mathbf{z}_i = L_i {}^b\mathbf{u}_i \quad (1)$$

où L_i est la longueur équivalente de la jambe, ${}^b\mathbf{z}_i$ est le vecteur directeur du moteur i , q_i est le déplacement du moteur i , ${}^b\mathbf{C}_i$ est l'origine de l'axe équivalent du moteur i , ${}^b\mathbf{u}_i$ est le vecteur directeur de la jambe équivalente et ${}^b\mathbf{t}_e$.

2. Recenser dans cette expression les constantes, les variables mesurables. Dans quelle mesure la direction des jambes pose-t-elle problème ?
3. Quels sont les paramètres physiques ? Quels sont les paramètres identifiables ?

1.3 Modélisation classique

La direction variable des jambes n'est en général pas mesurable. Il faut donc éliminer ces variables "inutiles".

1. Réduire le modèle géométrique implicite sous forme vectorielle de l'équation (1) à un modèle géométrique implicite sous forme scalaire de la forme :

$$\forall i, \| {}^b\mathbf{t}_e - {}^b\mathbf{C}_i - q_i {}^b\mathbf{z}_i \|^2 = L_i^2 \quad (2)$$

2. Montrer que le problème géométrique inverse se décompose en 3 sous-problèmes indépendants. En déduire qu'il existe 8 solutions à ce problème.
3. En déduire également que le problème géométrique direct consiste à trouver l'intersection commune à 3 sphères dans l'espace.

2 Deuxième partie : Identification

2.1 Identification classique

La méthode la plus immédiate, au vu de l'équation (2), pour étalonner ce robot consiste à mesurer, pour chaque jambe et en plusieurs configurations du robot, les couples $(q_i, {}^b\mathbf{t}_e)$.

1. Proposer une solution technique pour mesurer ${}^b\mathbf{t}_e$
2. Formuler cette méthode comme 3 problèmes indépendants de minimisation aux moindres carrés linéaires à l'aide de l'équation (2)
3. Rappeler le principe de résolution numérique de ces problèmes
4. Donner l'expression formelle du système linéaire à résoudre à chaque itération
5. Comment imposer que l'estimation de ${}^b\mathbf{z}_i$ soit bien un vecteur unitaire ?

2.2 Exploitation d'une redondance métrologique

On considère à présent qu'il est possible de mesurer les directions des jambes. Il y aura donc plus de mesures que strictement nécessaire dans ce mécanisme : il y a redondance métrologique.

1. Proposer une solution technique pour effectuer cette mesure.
2. Montrer que l'on peut désormais exploiter l'équation (1) pour procéder à l'étalonnage.
3. Comment se formule mathématiquement ce problème ?
4. Discuter des avantages et inconvénients de cette méthode
5. Quelles sont les conséquences de la redondance métrologique sur l'analyse cinématique ?

2.3 Auto-étalonnage

1. On considère ici que l'on ne mesure que les variables articulaires. En imposant une contrainte mécanique sur l'organe terminal, on devrait pouvoir étalonner le robot tout en évitant de mesurer la pose. Donner les raisons de cette intuition. Expliquer comment elle pourrait se concrétiser et montrer quelles difficultés vont apparaître.
2. A l'inverse, on mesure les directions des jambes et la pose mais pas les variables articulaires ? Quelle est la nouvelle formulation du problème d'étalonnage et le protocole expérimental associé ? Discuter des avantages et inconvénients.

2.4 Remue-méninges

Pouvez-vous trouver une autre variante ?