**Chapitre : MGD**

1. **Paramétrage de Denavit-Hartenberg (D-H) :**
2. **Quels sont les paramètres de D-H ?** Selon Denavit-Hartenberg , le passage du repère  au repère  s’exprime en fonction des quatre paramètres géométriques  (**Figure III-1**) , selon les conventions du **Tableau III-1.**





















 **Figure III-1 :** Les quatre paramètres de Denavit-Hartenberg .

|  |  |
| --- | --- |
| Règles de construction |  Origine de l'articulationsupportant le corps   axe de l’articulationsupportant le corps  axe perpendiculaire à () |
| Variable | Axe de référence | De l’axe | A l’axe | Remarque | Type de paramètres |
|  |  |  |  | angle entre les axes de deux articulations | Paramètres **fixes** de **configuration** |
|  |  |  |  | distance entre les axes de deux articulations |
|  |  |  |  | variables articulaires pour la rotation | **Variables** articulaires de **mouvement** |
|  |  |  |  | variables articulaires pour la translation |

1. **Comment repérer le robot ?**

**Tableau III-1:** Conventions de Denavit-Hartenberg pour la structure ouverte simple .

1. **Comment remplir le tableau de DH ?** selon j =1:n . Si par exemple j=2 , on aura :

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| 0 |  |  |  |  |  |
| 1 | 2 |  |  |  |  |

1. **Comment calculer les matrices intermédiaires ?**

Pour passer du repère au repère  on utilise la matrice D-H suivante **:**

 (III-3)

 avec : 

Sa matrice inverse est donnée par :

 (III-4)

 

1. **Comment calculer le MGD ?**
* Le MGD correspond à la matrice finale  , elle est calculée par :



* Les coordonnées opérationnelles de l'origine du repère  portant l'organe terminal par rapport au repère de base  se trouvent à la quatrième colonne (de rang : 3\*1) de  :



1. Les étapes du calcul du MGD d'u robot sériel : Pour calculer le MGD d'un robot on doit :
2. choisir les repères selon les convention de D-H ;
3. Remplir le tableau de D-H ;
4. Calculer les MTH intermédiaires selon la formule de la matrice de D-H ;
5. Calculer le MGD qui correspond à  .
6. **Exemples:**
7. **Exemple 1 :** Soit à calculer le MGD du robot simple suivant à **1 ddl** (**Figure III-2**) :

Base

Organe terminal





* une seule variable articulaire 
* de longueur  .

**Figure III-2 :** Robot à **1 ddl** ''**R**''

* **Les étapes du calcul du MGD sont :**

















1. Affectation des repères selon les conventions

de D-H (**Figure III-3**) :

*  Origine de l'articulationsupportant le corps 
*  axe de l’articulationsupportant le corps 
*  axe perpendiculaire à ()

 **Figure III-3 :** Affectation des repères selon les convention de D-H.

1. Tableau de D-H de la forme :

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| 0 |  | *0* |  |  | *0*Cette ligne modélise uniquement l'articulation rotoideCette ligne modélise le corps qu'elle porte |
| 1 | 2 |  |  | 0 |  |

1. Calcul des MTH intermédiaires selon la matrice de D-H : Pour **1 ddl + corps1** : on a :, d'où deux matrices intermédiaires :

1. Calcul du MGD qui correspond à  ce qui nous donne :

1. **Exemple 2 :**Soit à calculer le MGD du robot suivant à **2 ddl** (**Figure III-4**) :
* Deux variables articulaires  et 









* Deux segments de longueurs reps. et .

 **Figure III-4 :** Robot à 2 ddl ''RR''.

* **Les étapes du calcul du MGD sont :**
1. Affectation des repères selon les convention de D-H (**Figure III-5**) :
*  Origine de l'articulationsupportant le corps 
*  axe de l’articulationsupportant le corps 
*  axe perpendiculaire à ()



























 **Figure III-5 :** Affectation des repères selon les convention de D-H.

1. Tableau de D-H de la forme :

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| 0 | 1 | 0 | 0 |  | 0 |
| 1 | 2 | 0 |  |  | 0 |
| 2 | 3 | 0 |  | 0 | 0 |

1. Calcul des MTH intermédiaires selon la matrice de D-H : Pour **2 ddl +Corps2** on a :, d'où trois matrices intermédiaires :



1. Calcul du MGD : qui correspond à 

**Remarque** : Le calcul de ce produit sera fait à droite à partir de la dernière matrice pour pouvoir utiliser ces résultats ultérieurement dans le calcul du MGI, pour cela :

 et enfin :

1. **Exemple 3:** Soit à calculer le MGD du robot suivant à **2 ddl** dans cette configuration de dessin (**Figure III-6**) :







* Deux variables articulaires  et 
* Attention : Pas de distance réelle entre l'articulation 1 et 2
* Corps de longueur 

**Figure III-6 :** Robot à **2 ddl** ''**P**R''

* **Les étapes du calcul du MGD sont :**
1. Affectation des repères selon les convention de D-H (**Figure III-7**) :
*  Origine de l'articulationsupportant le corps 
*  axe de l’articulationsupportant le corps 
*  axe perpendiculaire à ()

























**Figure III-7 :** Affectation des repères selon les convention de D-H.

1. Tableau de D-H de la forme :

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| 0 |  | *0* | *0* | 0 |  |
| 1 |  |  | 0 |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |

1. Calcul des MTH intermédiaires selon la matrice de D-H : Pour **2 ddl + Corps2** on a :, d'où trois matrices intermédiaires : ,  et 

1. Enfin le calcul du MGD qui correspond à  ce qui nous donne :

1. **Exemple 4:** On reprend le calcul du MGD du robot STAUBLI-RX-90 cité dans la référence [1] (**Figure 3**) :
* **n = 6ddl** = 6 variables articulaires : 
* Attention : Selon le dessin : Aucune distance réelle entre la base, l'articulation 1 et 2

 (Les origines  en  )

* Le corps 2 est de longueur  ;
* Le corps 3 est de longueur  ;
* Le poignet est une rotule à axes concourants (Les origines 4,5 et 6 sont confondues en  ) .
1. Affectation des repères selon les convention de D-H (**Figure III-7**) :
*  Origine de l'articulationsupportant le corps 
*  axe de l’articulationsupportant le corps 
*  axe perpendiculaire à ()



1. Tableau de D-H de la forme :



1. Calcul des MTH intermédiaires selon la matrice de D-H : Pour ce robot à **6 ddl** on a :, d'où six matrices intermédiaires :

**Remarque 1 :** Vu le nombre important de ddl (**n = 6**), le calcul des matrices devient compliqué alors on fait recours à un logiciel de calcul symbolique et on obtient :





**Remarque 2 :** Enfin le calcul du MGD qui correspond à  est exécuté en partant de la dernière matrice et en utilisant les matrices intermédiaires  telle que :



 qui donne : 

 qui donne : 









1. **Exercices à résoudre :**

Calculer le MGD des Robots suivants (selon les étapes mentionnées au cours) **:**









1. **Robot\_1 : (Figure III-8)**

**Figure III-8 :** Robot\_1\_RP

1. **Robot\_2 : (Figure III-9)**











**Figure III-9 :** Robot\_2\_RR

Bibliographie :

 [1] Wissama khalil et Etienne Dombre. « Modélisation, identification et commandes des robots », HERMESS Science Publications, Paris,1988,1999.