b

**Robot Haptique**

**Modélisation des chaînes de solides dans le but de**

**déterminer les contraintes géométriques dans les**

**mécanismes**

**PSI – PSI**

**Cycle 7**



# Objectifs

## Objectif technique

|  |
| --- |
| **Objectifs :**   * Vérifier les performances du système en termes d’actions mécaniques transmissibles et de choix de conception dans les liaisons mises en place. |

# Découverte du système

|  |  |
| --- | --- |
| **Activité 1**  **Toute l’équipe** | * Le contexte d’utilisation générale du robot haptique est décrit dans la Fiche 1. * En utilisant la fiche 6 « Découverte du robot dans un environnement de jeu », découvrez les comportements possibles du robot haptique. * À l’aide des observations réalisées, tracer la chaîne fonctionnelle du robot haptique. |

|  |  |
| --- | --- |
| **Activité 2**  **Expérimentation Modélisation** | * En utilisant la fiche 6 « Utilisation du robot seul avec le logiciel « Falcon découverte » » découvrez les comportements possibles de contrôle et de commande du robot haptique. * En utilisant la fonctionnalité « Acquérir la position », déterminer les dimensions de l’espace de travail et valider les données fournies par le fabricant (Fiche 3 – Données techniques fabricant). |

|  |  |
| --- | --- |
| **Activité 2**  **Simulation** | * Ouvrir le modèle SolidWorks ROBOT\_HAPTIQUE.SLDASM. Dans le modèle meca3D, on utilisera l’étude « Robot Complet Sans Friction ». * Quelles sont les pièces (ou ensemble de pièces) qui n’entrent pas en compte dans la modélisation meca3D ? * Lancer un calcul mécanique. Relever l’ensemble des données des analyses cinématiques et statiques ainsi que le Résumé. * Réaliser une étude cinématique avec les données suivantes :   + Pivot Bati Bras 1 : -1 tr/min ;   + Pivot Bati Bras 2 : -1 tr/min ;   + Pivot Bati Bras 3 : 1 tr/min. * Quel est le mouvement de la poignée par rapport au bâti ? |

|  |  |
| --- | --- |
| **Synthèse**  **Toute l’équipe** | * En utilisant les observations des activités précédentes :   + expliquer comment est réalisé le retour de force ;   + réaliser la chaîne fonctionnelle du robot. |

# Modélisation du robot haptique

|  |  |
| --- | --- |
| **Activité 3**  **Expérimentation Modélisation** | * Réaliser le graphe des liaisons. * Proposer une méthode permettant de déterminer la liaison équivalente entre le bâti et l’effecteur. * Réaliser une analyse de l’hyperstatisme. * Identifier de quelle(s) liaison(s) il provient. * Quelles modifications pourrait-on faire pour proposer un modèle isostatique ? * Quelles dispositions technologiques sont utilisées sur le système pour assurer la mobilité du système ? |

|  |  |
| --- | --- |
| **Activité 3**  **Simulation** | * Reconstituer le graphe des liaisons. * Justifier chacun des résultats de l’analyse de mécanisme :   + Nombre de cycles, nombres d’équations cinématiques, nombre d’inconnues cinématiques   + Nombre de pièces, nombre d’équations statiques, nombre d’inconnues statiques ;   + Nombre de mobilités, degré d’hyperstatisme. * Justifier qu’une étude cinématique est possible. * Quelles modifications sont nécessaire pour réaliser une étude statique (cas d’utilisation envisageable : on souhaite que l’effecteur ne se déplace pas sous un effort de 5 N dans l’axe du robot).   + Réaliser cette modification et réaliser l’étude statique.   + Les résultats dépendent-ils de la position de l’effecteur ? Si oui, pourquoi ?   + Le problème étant hyperstatique, comment Meca3D détermine-t-il les efforts dans les liaisons ? |

|  |  |
| --- | --- |
| **Synthèse**  **Toute l’équipe** | * Comparer les graphes des liaisons et les degrés d’hyperstatisme déterminés. * Comment SolidWorks gère-t-il l’hyperstatisme ? * Quels dispositions technologiques existe-t-il dans le mécanisme pour assurer son bon fonctionnement. |

# Modélisation d’un bras du robot haptique

## Objectifs

L’objet de l’étude menée ici est la fonctionnalité « Acquérir la position » proposée par le robot Falcon, dans le cadre d’un mouvement à une seule mobilité. L’objectif est d’analyser les performances du système réel vis-à-vis du cahier des charges.

Les objectifs intermédiaires sont :

* Caractériser l’écart d’espace de travail « exigé – réel » ;
* Analyser le mouvement de la poignée ;
* Modéliser le mécanisme dans le cadre de l’étude.

## Caractériser l’écart d’espace de travail « exigé-réel »

|  |  |
| --- | --- |
| **Expérimentation/Modélisation** | **Simulation** |
| * Analyser les différentes liaisons sur le système réel. * Repérer des éventuels jeux ou contraintes de montage. * À partir du schéma cinématique 3D partiel donné en annexe, construire le graphe de liaison. * Faire l’analyse de l’hyperstatisme. | * Ouvrir SolidWorks et activer meca3D (outil/complément) * Ouvre le fichier ROBOT\_SET\_ELEVE.SLDASM situé sur le serveur. * Observer les liaisons et le graphe de structure. Sont-elles conformes au modèle proposé précédemment.   Lancer l’analyse meca3D et observer le nombre de mobilité et le degré d’hyperstatisme. En déduire les paramètres à imposer en lien avec les actionneurs pour animer le dispositif. |

# Détermination de la loi-entrée-sortie du robot haptique

## Objectifs

L’objet de l’étude menée ici est la fonctionnalité « Acquérir la position » proposée par le robot Falcon, dans le cadre d’un mouvement à une seule mobilité. L’objectif est d’analyser les performances réelles du système réel instrumenté vis-à-vis des performances théoriques.

L’estimation de la position en 􀜼  de la poignée est réalisée à partir d’une mesure au sein du boitier du falcon  par un capteur numérique.

La chaîne fonctionnelle étudiée comprend l’effecteur ou « poignée », un bras, un multiplicateur de déplacement et un capteur angulaire.

## Mise en œuvre expérimentale et modélisation

|  |  |
| --- | --- |
| **Expérimentation** | **Modélisation** |
| **Décrire les moyens d’acquisition et réaliser l’acquisition**   * Combien de capteurs sont présents sur le mécanisme ? Quelle grandeur physique est mesure par les capteurs ? Quelle est leur nature ? Quelles sont ses caractéristiques ? Combien sont utiles dans le cadre de l’interface instrumentée ? Repérer sur le document réponse : le disque gradué et la cellule photosensible. * Quelle est la nature du multiplicateur utilisé ? Quelles sont ses caractéristiques ? | **Déterminer la loi entrée-sortie théorique**  La poignée est animée d’un mouvement de translation rectiligne selon par rapport au bâti. On considère le mouvement comme étant plan : l’étude se ramène à un plan contenant l’un des trois bras (l’étude pour les deux autres bras est identique).  On cherche à lier la rotation de la manivelle du bras au déplacement Z de la poignée. ( et Z) correspondent au paramétrage présenté sur le document d’accompagnement). |
| **Loi entrée-sortie selon le système Falcon**  La position 􀜼 de la poignée est liée à la position 􀟙 du bras par une loi, idéalement, bijective. L’objectif de cette partie est de déterminée la loi utilisée par l’interface Falcon entre 􀜼􀮿 et 􀟙􀮿 (l’indice 􀜨 fait référence au fait que ces positions sont obtenue par le robot Falcon lui-même).   * Brancher l’interface Falcon instrumentée au réseau électrique. * Relier l’interface Falcon instrumentée au PC. * Lancer l’application Falcon\_acquerir. * Déplacer à la main l’effecteur, dans un mouvement d’aller‐retour, pour couvrir tout l’intervalle de déplacement. * Pour une position particulière, les informations d’angle en incrément et en degré sont‐elles cohérentes entre elles ? | * À partir du modèle cinématique plan simplifié, tracer le graphe de liaisons associé au mécanisme présenté * Tracer la ou les figure(s) de changement de base associée(s) aux angles et 􀟠. * En réalisant une fermeture de chaine géométrique, déterminer une relation ne faisant apparaitre que les variables et Z 􀜼, et les constantes géométriques. * En déduire : |

## Quantification expérimentale et comparaison avec une simulation

|  |  |
| --- | --- |
| **Expérimentation** | **Modélisation/simulation** |
| **Mise en place des essais**  Pour réaliser cette série de mesures, le pied à coulisse doit être lié à la poignée par l’intermédiaire de du lardon fixé sur la face avant de la poignée. Nous allons utiliser la fenêtre dédiée. Avant d’ouvrir la fenêtre, il faut réaliser la « prise d’origine » :   * Positionner à la main l’effecteur tel que Z soit proche de 0 (à 􀵇0,5 􀝉􀝉 􁈻; * Appuyer sur le bouton « ZERO » du pied à coulisse. * La prise d’origine du pied à coulisse a été faite. (la mesure de l’angle par codeur sera celle du robot, donc avec la même origine)   Ouvrir la fenêtre d’acquisition de la position par les capteurs :   * Si la carte Arduino n’est pas reconnue, vérifier les branchements et choisir le port COM correspondant à la carte. * Déplacer la poignée à la main d’une dizaine de millimètres. Arrêter le mouvement. Enregistrer la mesure (attention, le temps de réponse du pied à coulisse est long, de l’ordre de 0,5s – un enregistrement avant la stabilisation de la mesure serait erronée). * Recommencer de façon à parcourir un aller‐retour complet sur la course du Falcon. * Lorsque l’effecteur est revenu à la position 0mm, valider la série de mesure. | **Prise en main du modèle (si pas encore faite)**   * Ouvrir SolidWorks et activer meca3D (outil/complément) * Ouvre le fichier ROBOT\_SET\_ELEVE.SLDASM situé sur le serveur. * Observer les liaisons et le graphe de structure. Sont-elles conformes au modèle proposé précédemment. * Lancer l’analyse meca3D et observer le nombre de mobilité. En déduire les paramètres à imposer en lien avec les actionneurs pour animer le dispositif. |
| **Analyse des résultats expérimentaux**  La courbe obtenue présente une forme d’hystérésis (cf. ci-dessous).   * Justifier cette forme d’hystérésis.   ../../../../../../../Desktop/Capture%20d’écran%202018-02-20%20à%2022. | * Proposer une liaison supplémentaire pour obtenir un comportement similaire à l’expérimentation et n’obtenir plus qu’une seule mobilité. * Mettre en place la simulation pour vérifier que les actionneurs se comportent comme prévu et qu’on obtient bien la loi entrée-sortie déterminée dans la partie modélisation. |

# Analyse des écarts entre modèles analytique, numérique et expérimental

1. À l’aide de l’application Falcon\_acquisition, renseigner la loi théorique déterminée précédemment ;

La courbe de déplacement selon le système Falcon et la loi théorique apparaissent sur le graphe.

1. Comparer et analyser les deux graphes.

|  |  |
| --- | --- |
| Le principal écart entre les deux courbes a pour cause l’usage de repères et d’origines différents. En effet, les résultats théoriques et les mesures par l’interface Falcon ont été réalisés avec des références différentes :   * repère utilisé pour la loi théorique : * repère utilisé pour la mesure par Falcon: (appelé aussi repère machine)   On donne : |  |

1. Comparer et analyser les deux graphes

|  |  |
| --- | --- |
| ../../../../../../../Desktop/Capture%20d’écran%202018-02-20%20à%2023. | ../../../../../../../Desktop/Capture%20d’écran%202018-02-20%20à%2023. |

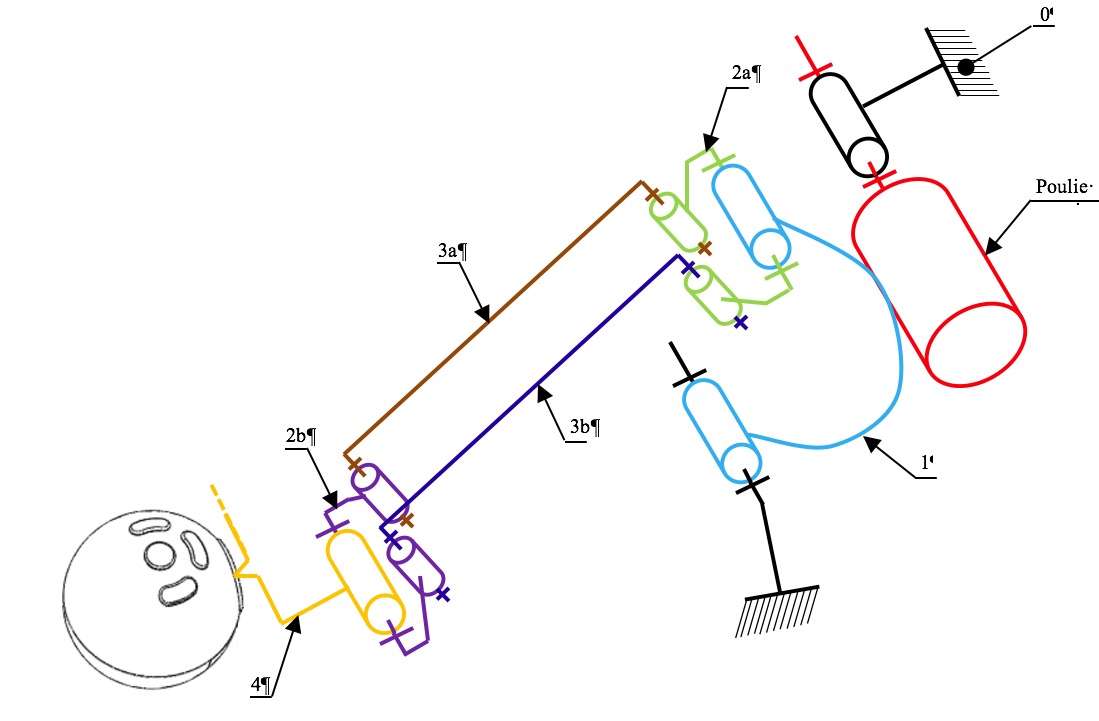
1. À l’aide des outils disponibles, exporter les résultats de simulation vers un tableur ; Copier la colonne des valeurs prises par 􀟙, et les coller dans le champ prévu dans le logiciel Falcon\_acquerir ; Faire de même pour la colonne des valeurs prises par Z.
2. De manière analogue à l’exploitation des résultats précédents, justifier l’écart entre les courbes. En notant que la valeur initiale de la simulation (0°) correspond à un angle de 99°, préciser les recalages nécessaires pour l’angle et le déplacement. Comparer les courbes.
3. Sur un même graphe, afficher :

* la courbe obtenue par le Falcon,
* la courbe obtenue théoriquement ou par simulation.
* la courbe expérimentale.

1. Comparer les courbes. Conclure sur la performance du robot Falcon à estimer la position Z􀜼 de l’effecteur.

# Annexes

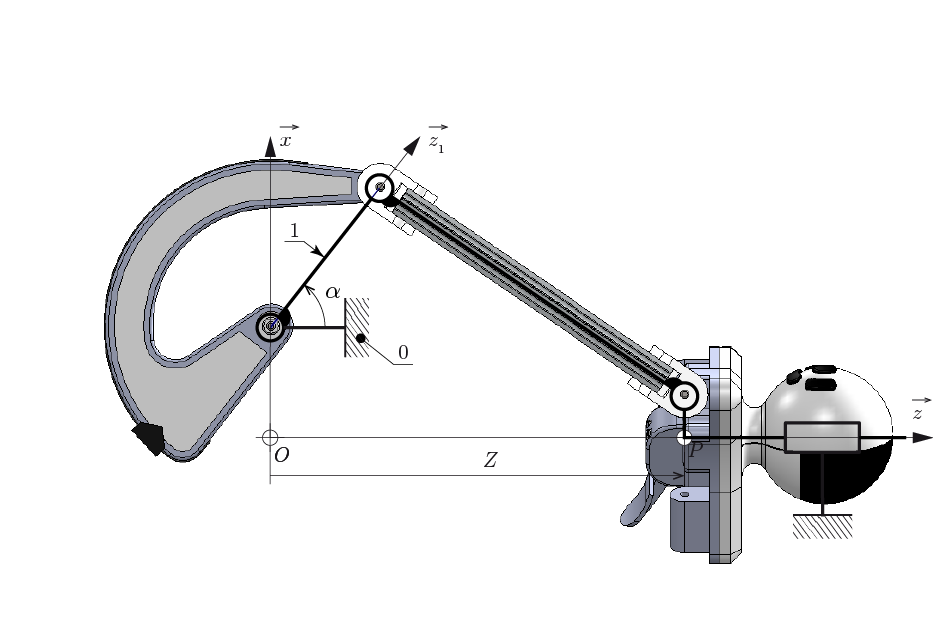
## Modélisation 3D



## Modélisation 2D

Le mouvement de translation rectiligne modélisé par la liaison glissière est obtenue par le guide.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Solides :  bâti **0**  manivelle **1**  tige **2**  l’effecteur **4** | Paramétrage des liaisons :  glissière **0-4** de direction  :  pivot **0-1** d’axe  : .  pivot **2-4** d’axe  :  pivot **1-2** d’axe  : | Notations : |



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | distances (mm) | | | | | a | 60 | e | 11,25 | | b | 102,5 | f | 25 | | c | 14 | r | 37,23 | | d | 11,25 | s | 27,33 | |  |