



Table des matières

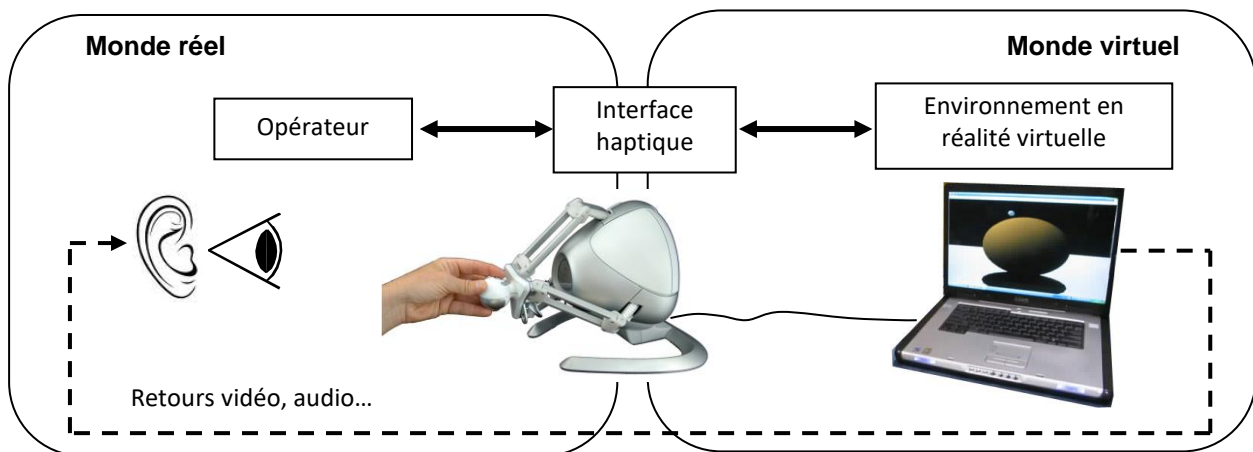
Fiche 1	Présentation Générale	2
	Les champs de compétences de l'haptique	3
	Extrait du cahier des charges	3
	Application à la téléopération	3
	Autres applications.....	5
Fiche 2	Analyse fonctionnelle	6
	Diagramme de cas d'utilisation	9
	Diagramme de définition de bloc	9
	Diagramme de séquence.....	10
	Diagramme de bloc interne.....	10
Fiche 3	Analyse structurelle	12
	Motorisation et réducteur.....	12
	Architecture mécanique.....	12
	Données techniques fabriquant.....	13
Fiche 4	Chaîne d'acquisition.....	14
	Codeurs incrémentaux	14
	Pied à coulisse	15
	Quelques points à explorer :	15
Fiche 5	Modélisation cinématique	16
	Modélisation 3D	16
	Modélisation 2D	16
Fiche 6	Mise en service du Robot Haptique.....	6
	Découverte du robot dans un environnement de jeu	6
	Utilisation du robot seul avec le logiciel « falcon_decouverte ».....	6
Fiche 7	Réaliser une mesure de position	8

Fiche 1 PRESENTATION GENERALE

L'haptique (du grec *αππομαι* qui signifie « je touche ») désigne la science du toucher, par analogie avec l'acoustique ou l'optique. Au sens strict, l'haptique englobe la perception tactile et les phénomènes kinesthésiques, c'est-à-dire la perception du corps dans l'environnement. (WIKIPEDIA)

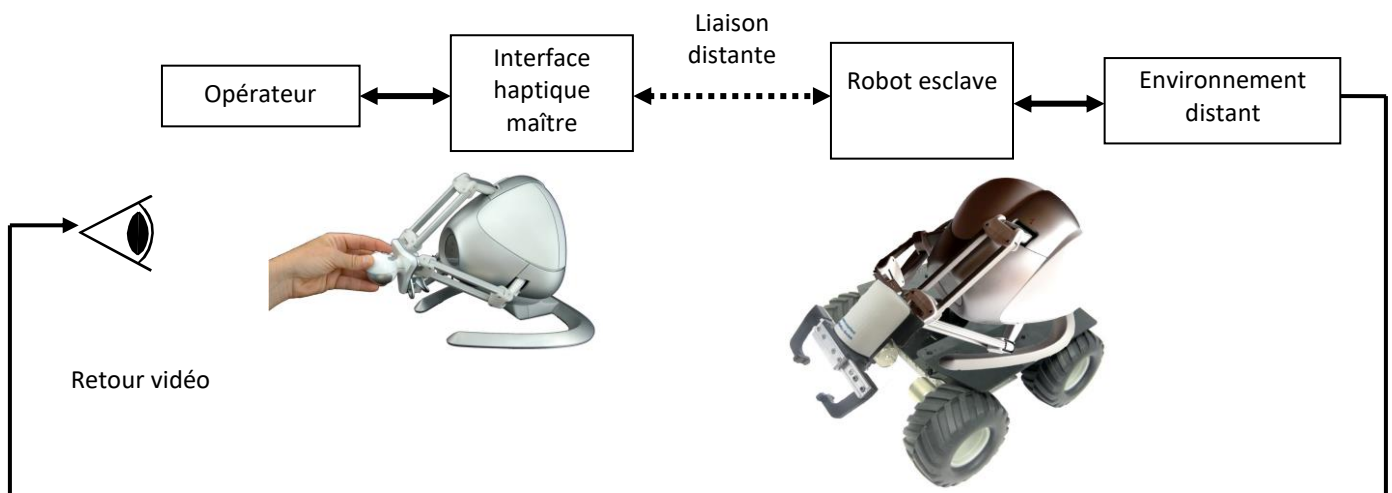
L'interaction avec un monde virtuel

Elle consiste à permettre à un opérateur d'agir sur un environnement virtuel généré sur PC et à renvoyer à cet opérateur des sensations haptiques liées à ses actions. Pour ce faire on utilise un dispositif appelé « interface haptique », capable de fournir à l'environnement virtuel les informations, principalement du type déplacement, découlant des actions de l'opérateur et de renvoyer à l'opérateur des effets de type effort mécanique (on parle de retour d'effort).



La télémanipulation haptique

Un autre domaine de l'interaction haptique concerne la télémanipulation dans lequel l'opérateur, via l'interface haptique maître, commande un robot esclave distant qui restitue par la même chaîne en sens inverse les effets mécaniques liés aux actions de l'opérateur.



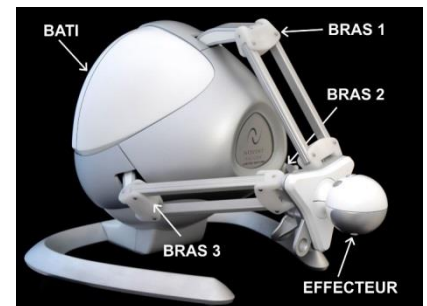
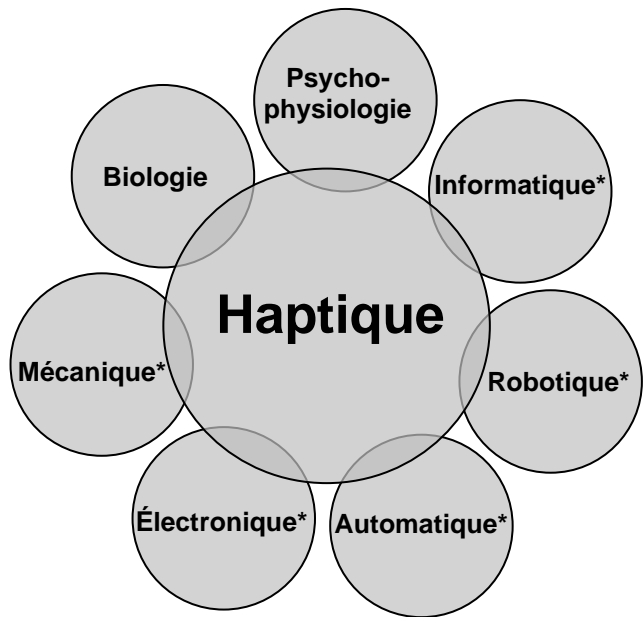
Les champs de compétences de l'haptique

À partir des paragraphes précédents on constate que la conception, la réalisation et la mise en œuvre de systèmes haptiques, soit en « réalité virtuelle » soit en télémanipulation, mobilisent des compétences fortement pluridisciplinaires, disciplines résumées dans le diagramme ci-contre (il est à noter que les disciplines technologiques ci-contre ne sont pas isolées les unes des autres mais comportent bien évidemment des compétences transversales à des degrés divers).

Les utilisateurs de l'haptique sont de plus en plus nombreux et pour des usages de plus en plus diversifiés : le jeu sur PC, les simulateurs (aéronautique, militaires, chirurgicaux, dentisterie...), la télérobotique (environnement dangereux, médecine, ...)

L'interface possède une architecture mécanique de type robot parallèle de structure « Delta ». Trois bras sont actionnés indépendamment et liés à un effecteur terminal par des parallélogrammes de jonctions.

Les trois bras ont une constitution identique, décalée d'un angle de 120°.



Extrait du cahier des charges

Fonction	Critère	Valeur
Acquérir la position	Degrés de liberté	3 en translation
	Espace de travail : cube	100x100x100 mm
	Résolution en position	400 dpi (points par pouce)
Piloter la position	Précision	0,5 mm
	Rapidité	0,2 s
	Bande passante à -3dB	2 rad/s
Restituer l'effort	Direction de l'espace	3
	Force maxi	9 N

Application à la téléopération

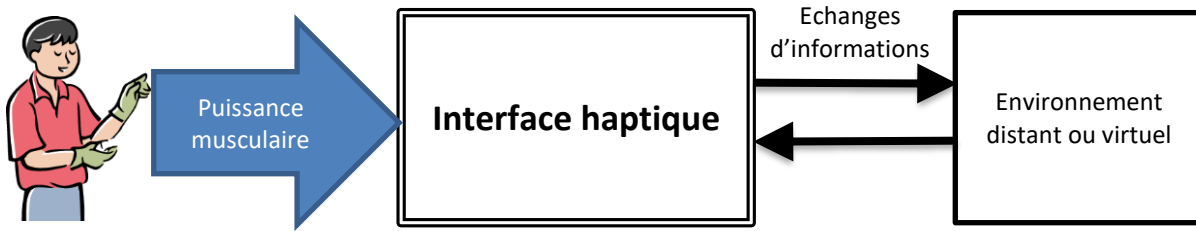
La télé-opération est en plein développement pour l'assistance aux activités sensibles (chirurgie, nucléaire, etc.). Un système de télé-opération est avant tout un système liant un opérateur à une matière d'œuvre distante. Pour réaliser sa tâche, l'opérateur doit transmettre son intention au système. Mais aussi, la qualité de cette réalisation dépend du ressenti de l'opérateur. Les ressentis humains se classent en deux catégories :

- Ressentis à faible énergie : vision, ouïe ;
- Ressentis à forte énergie : ressenti musculaire.

Si la première catégorie est facilement réalisable avec les outils conventionnels de transmission de l'information (écran, casque vidéo et/ou audio), la deuxième nécessite des puissances plus importantes nécessitant une maîtrise et un pilotage de ces puissances.

L'interface homme-machine *Falcon* permet la transmission de ce ressenti à forte énergie.

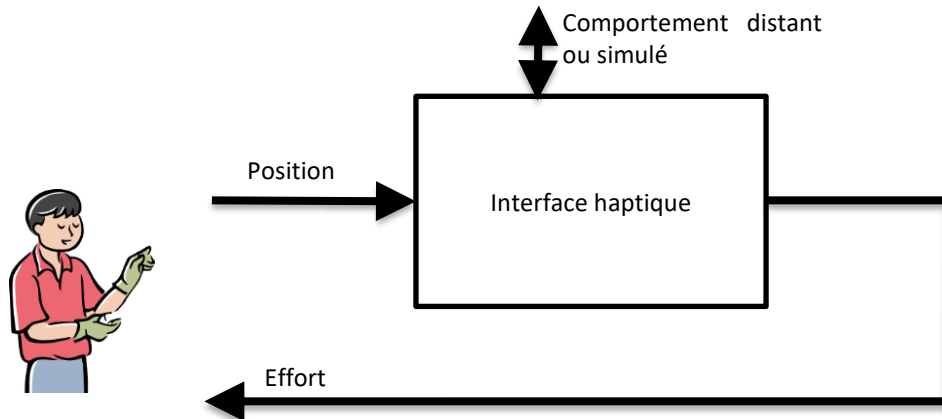
Schéma bloc synoptique :



Dans le cadre du robot *falcon*, les grandeurs d'intention et de ressenti sont :

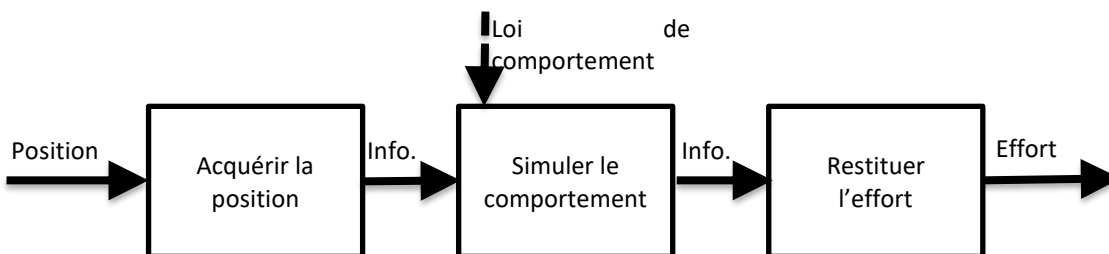
- Intention : déplacement de la poignée ;
- Ressenti : effort sur la poignée.

Le produit des deux grandeurs est l'énergie musculaire développée par l'utilisateur. L'effort est donc imposé par l'interface haptique en fonction de la position, selon une loi de comportement qui doit refléter l'environnement distant ou virtuel.



Une décomposition fonctionnelle plus détaillée de l'interface fera apparaître trois sous-fonction :

- Acquérir la position ;
- Simuler le comportement ;
- Restituer l'effort.



Autres applications

L'interface homme-machine **Falcon** de la société Novint permet de capter des déplacements dans l'espace, et aussi de générer un retour d'effort à l'utilisateur. Sa structure et ses composants se déclinent en **quatre usages possibles** :

Souris 3D :

L'interface peut acquérir des mouvements de l'utilisateur dans les trois directions de l'espace.



Positionnement à distance :

L'interface est pilotée par le PC pour se positionner à des endroits précis et réaliser des tâches simples.



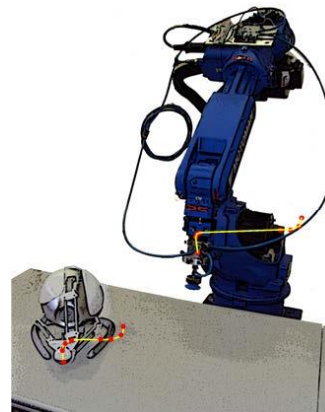
Retour Haptique :

L'interface capte les déplacements de l'utilisateur et lui renvoie des sensations d'effort conformes à une application virtuelle. On parle de réalité virtuelle.



Téléopération :

L'interface est utilisée pour piloter un robot distant. Elle peut aussi faire ressentir les actions du robot distant à l'utilisateur.



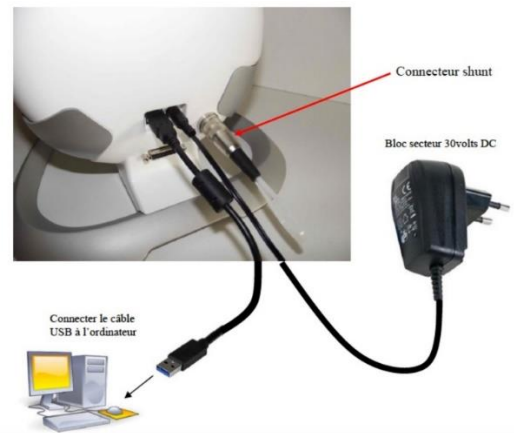
Fiche 2 MISE EN SERVICE DU ROBOT HAPTIQUE

Découverte du robot dans un environnement de jeu

Le robot doit être connecté comme la photo ci-contre :

- Câble d'alimentation ;
- Câble USB vers le PC
- Connecteur shunt mis en place

Vous pouvez lancer l'application « FalconTutorial » située dans le dossier Systemes/RoboHaptique.

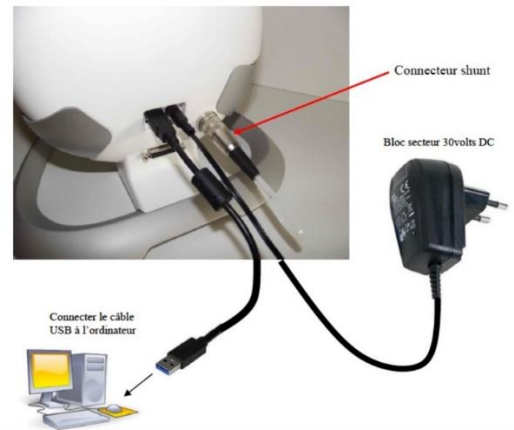


Utilisation du robot seul avec le logiciel « falcon_decouverte »

Le robot doit être connecté comme la photo ci-contre :

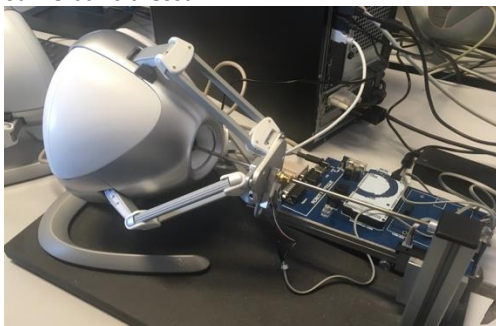
- Câble d'alimentation ;
- Câble USB vers le PC
- Connecteur shunt mis en place

Vous pouvez lancer l'application « Falcon_decouverte » située dans le dossier Systemes/RoboHaptique



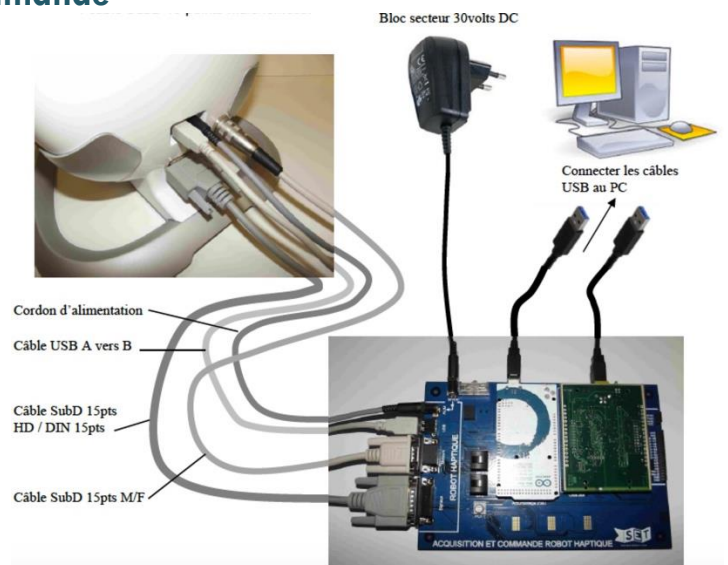
Robot avec carte d'acquisition et de commande

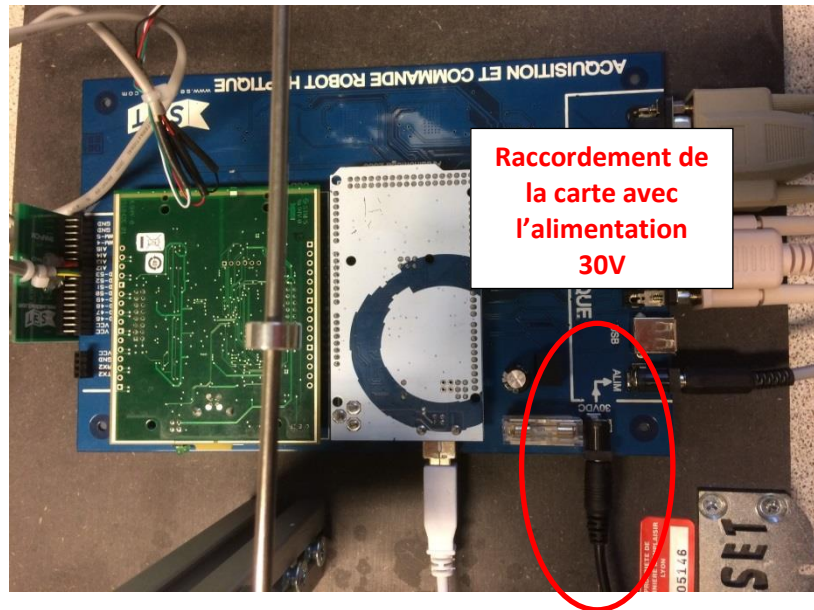
Dans cette configuration : on utilise le robot disposé sur le banc d'essai :



• Carte Arduino reliée à l'arrière du PC via l'USB
Le Robot s'éclaire et la carte Arduino est maintenant reconnue par le PC, relevez le numéro du port COM

- Robot Haptique relié à l'arrière du PC via l'USB
- Brancher l'alimentation 30V à la prise électrique sur le mur





Le système est maintenant en service.

À l'issue de l'activité, il est important de débrancher l'alimentation en 30V de la carte et du mur, ainsi que les ports USB du PC.

Fiche 3 REALISER UNE MESURE DE POSITION

Dans le dossier « Haptique » présent sur le bureau, dans « Falcon pilotage » lancer l'application « falcon acquérir »

L'éclairage du robot devient rouge :

Il faut initialiser les codeurs, pour cela effectuer lentement un aller-retour du bras jusqu'à que l'éclairage devienne bleu.

Les positions de l'effecteur se définissent à la main, aucun pilotage via l'interface n'est prévu dans ce module.

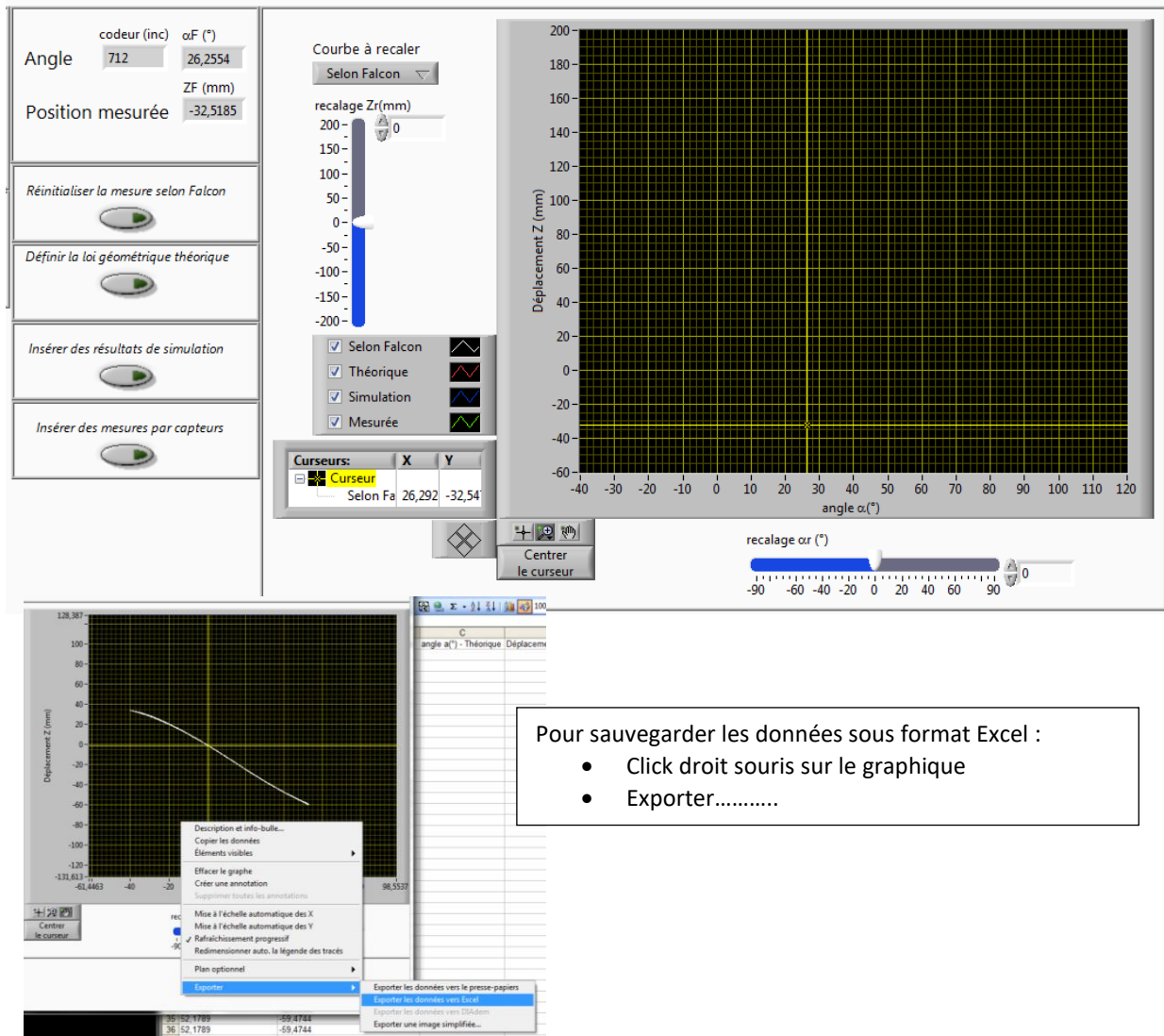
Fenêtre d'affichage des données issues du codeur et de positions calculées.

Onglets d'accès au menu de tracé de courbes

Fenêtre de recalage des courbes affichées

Fenêtre graphique pour les courbes :

- selon le Robot Falcon
- selon une équation théorique renseignée
- selon des points récupérés de simulation Méca3D
- selon des mesures issues du pied à coulisse



Pour sauvegarder les données sous format Excel :

- Click droit souris sur le graphique
- Exporter.....

Fiche 4 ANALYSE FONCTIONNELLE

Diagramme de cas d'utilisation

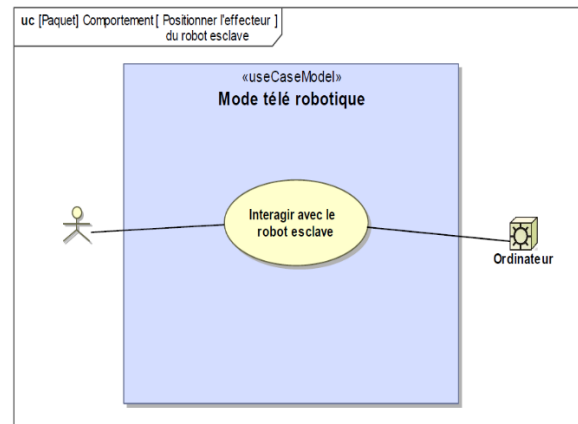
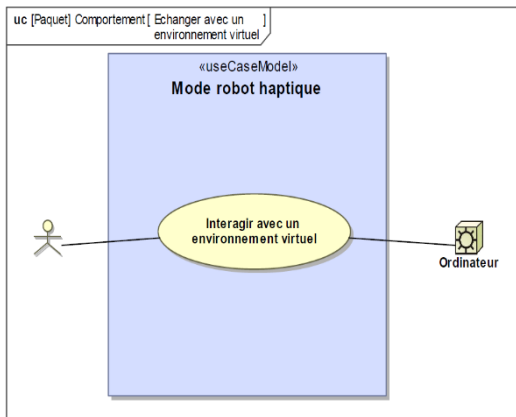


Diagramme de définition de bloc

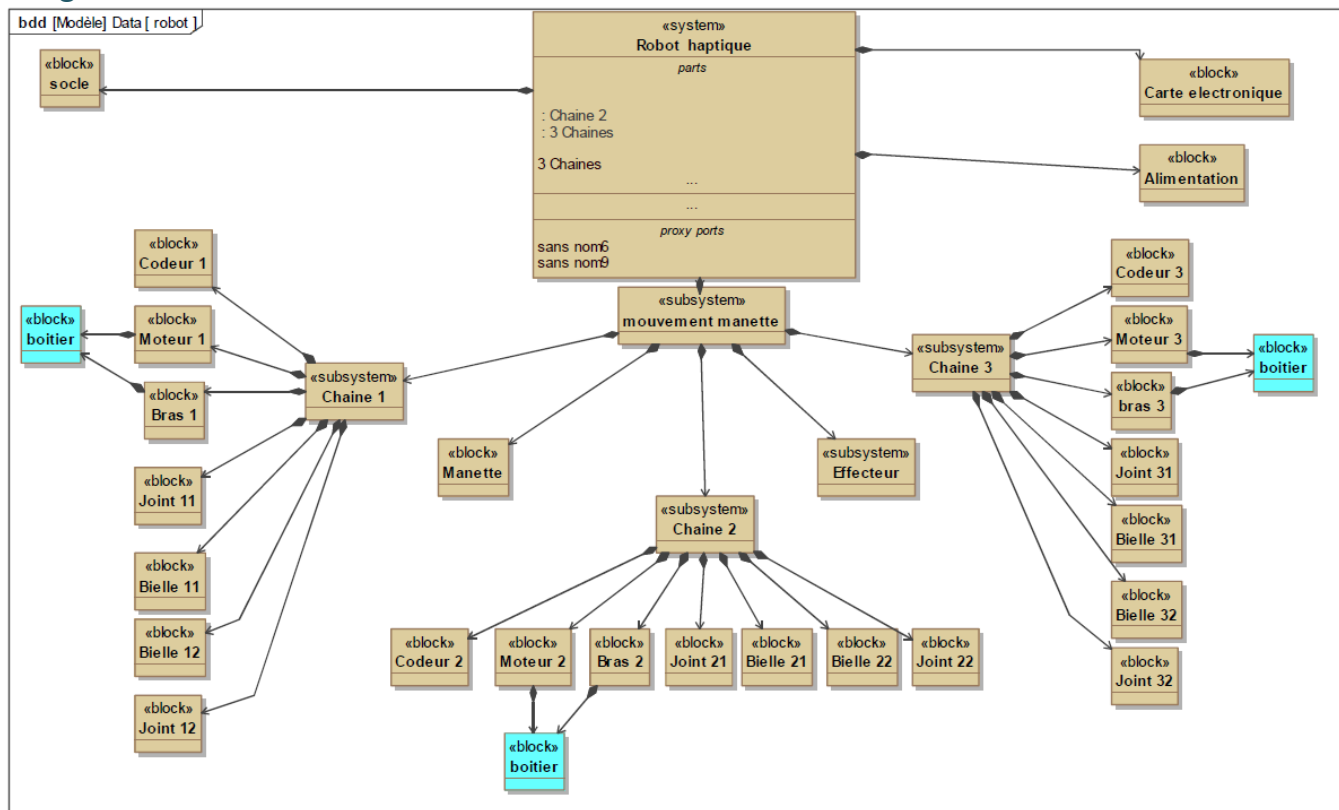


Diagramme de séquence

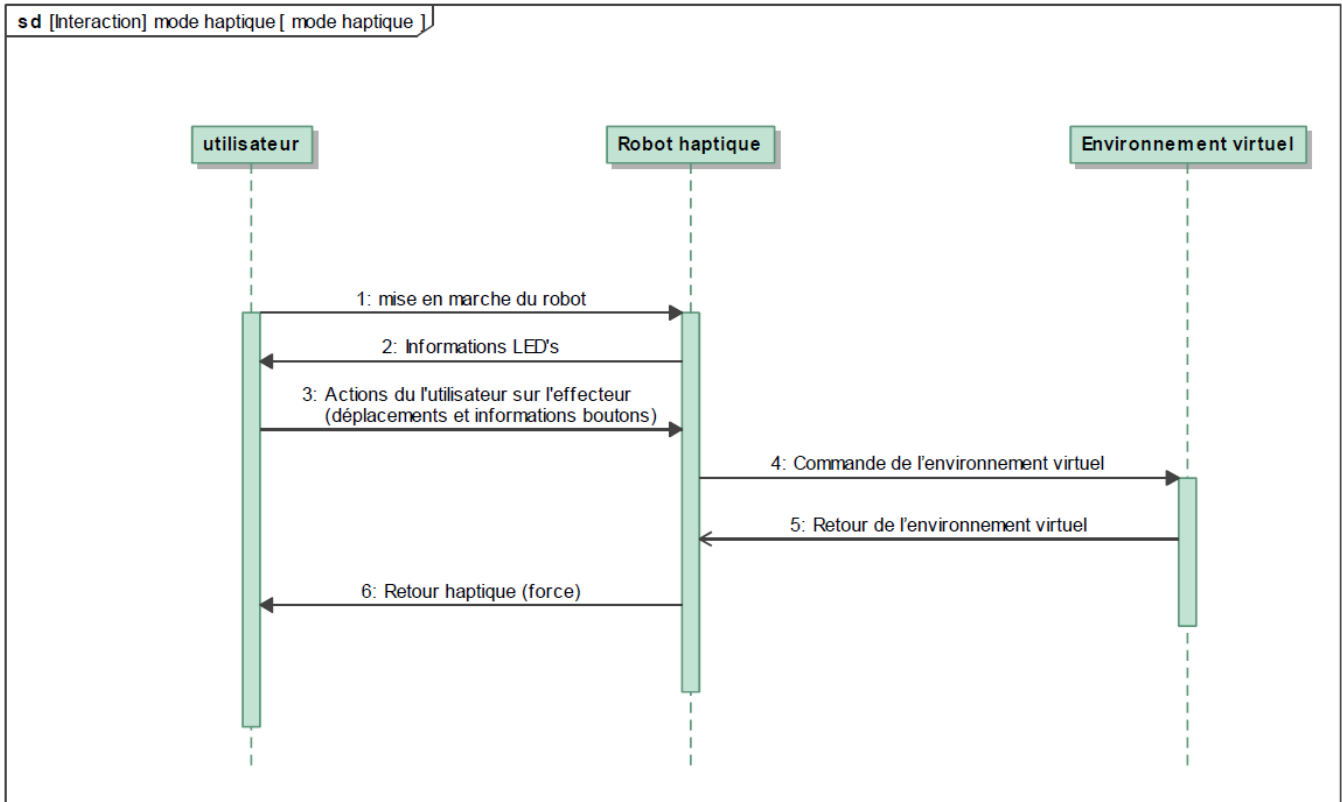
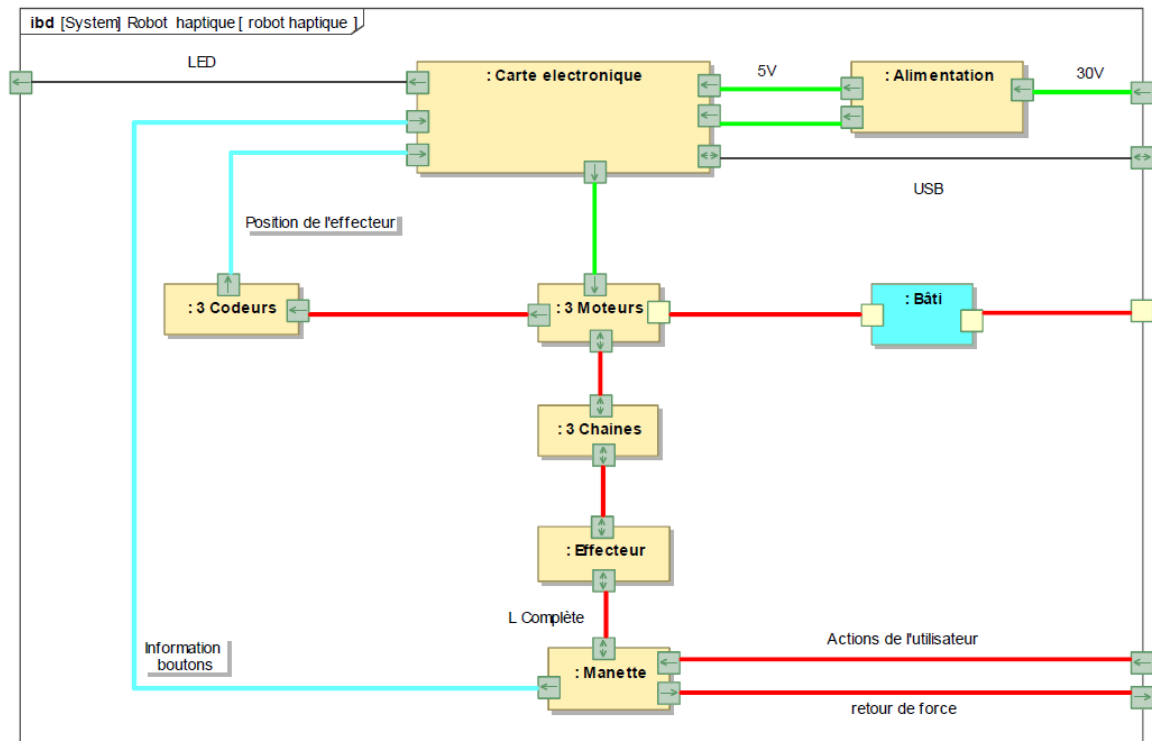
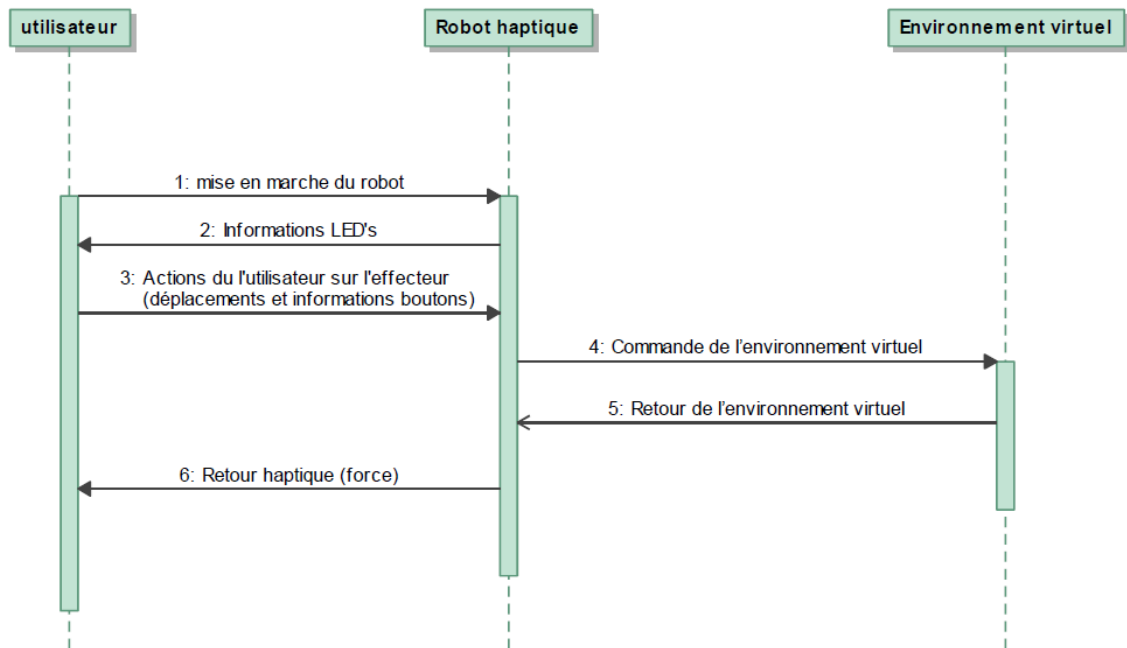


Diagramme de bloc interne

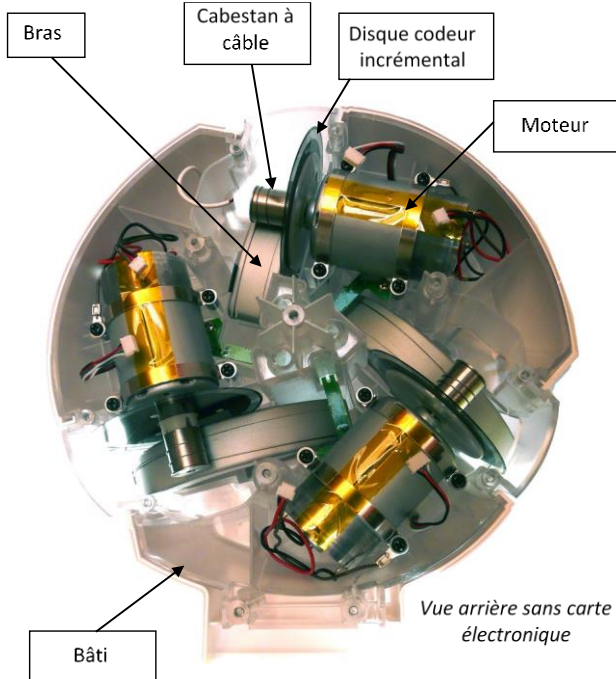


sd [Interaction] mode haptique [mode haptique]



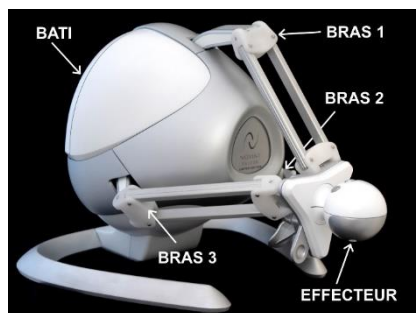
Fiche 5 ANALYSE STRUCTURELLE

Motorisation et réducteur

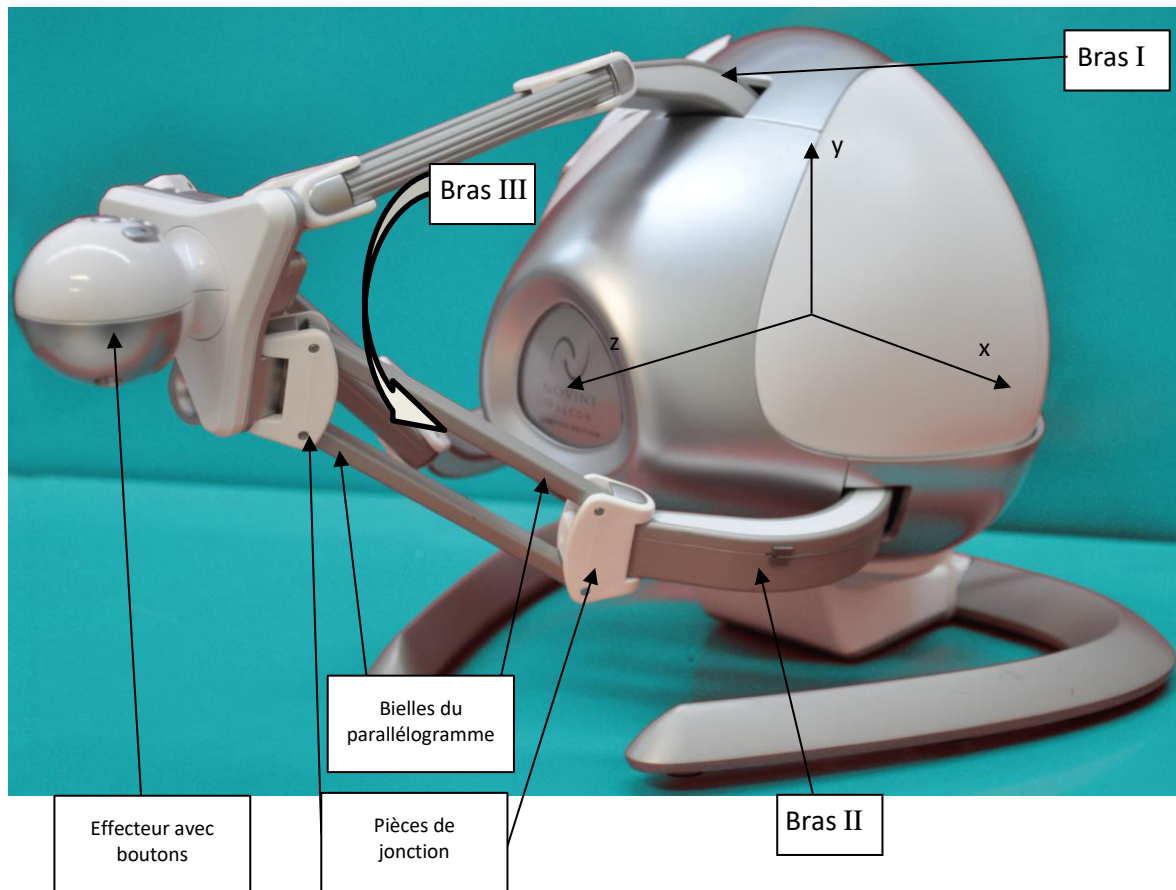


Un moteur entraîne chacun des bras via un réducteur à cabestan. De plus, l'axe de chaque moteur est équipé d'un disque gradué nécessaire au traitement d'un codeur incrémental.

Architecture mécanique



L'interface possède une architecture mécanique de type robot parallèle de structure « Delta ». Trois bras sont actionnés indépendamment et liés à un effecteur terminal par des parallélogrammes de jonctions. Les trois bras ont une constitution identique, décalée d'un angle de 120° .



Données techniques fabriquant

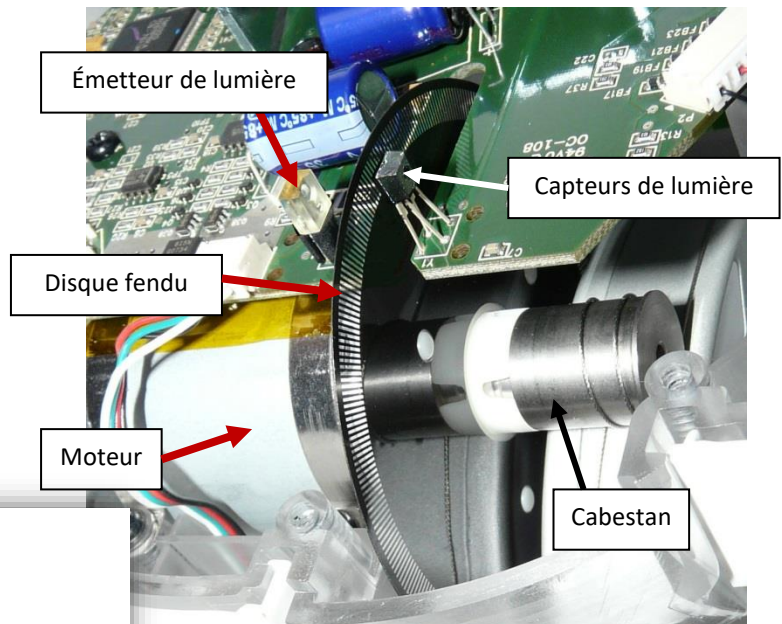
- ❑ **Cinématique :**
 - Degrés de liberté : 3 en translation
 - Facteur de réduction de vitesse moteur-cabestan-bras : 1/7,627
- ❑ **Espace de travail :** 101x101x101 mm
- ❑ **Force maxi :** env. 9N
- ❑ **Codeurs incrémentaux (3) :**
 - Nombre de points : 320 sur 1 piste avec double faisceau (soit 1280 pts/tr après traitement)
 - Résolution en position : >400 dpi
- ❑ **Communication vers PC :**
 - Fréquence de rafraîchissement de la transmission : 1000Hz
- ❑ **Masse totale :** 2,7 kg
- ❑ **Alimentation électrique :** 30VDC, puissance 30W
- ❑ **Bloc alimentation secteur :** entrée : 100-240VAC 50/60Hz sortie : 30VDC 1A

Fiche 6 CHAÎNE D'ACQUISITION

Codeurs incrémentaux

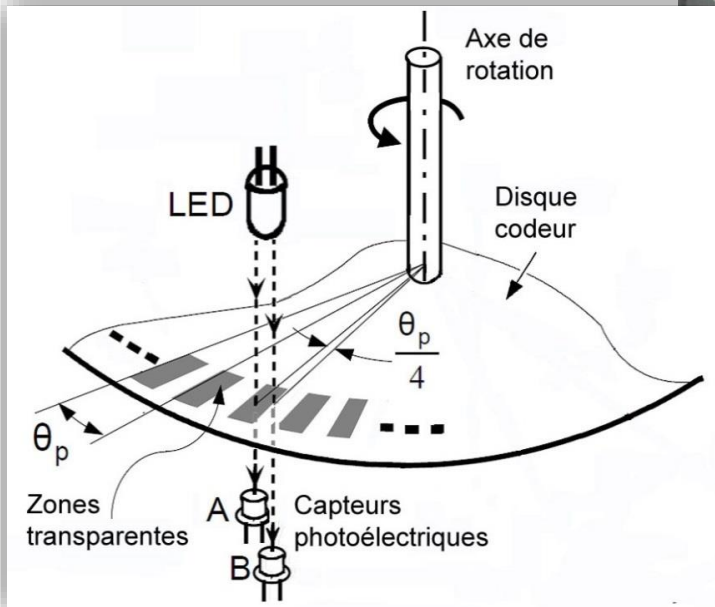
Le déplacement angulaire des axes de rotation des moteurs du robot s'obtient à partir de capteurs angulaires de type codeurs incrémentaux.

Ces codeurs sont constitués d'un disque opaque présentant des fentes transparentes régulières. Une source de lumière est placée d'un côté du disque et deux récepteurs photoélectriques accolés sont placés de l'autre côté. Le rayon lumineux reçu par chacun des récepteurs est donc coupé à intervalles réguliers lorsque le disque, entraîné par le moteur, tourne sur son axe.



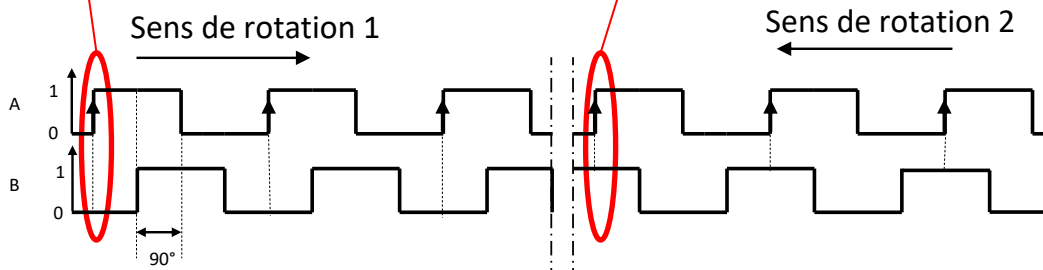
(Émetteur = référence SEP8706 et photorécepteur = référence HCL2701)

Les 2 faisceaux et leurs récepteurs sont décalés de 45° ou 90° ($1/8$ ou $1/4$ de période). Ce décalage permet de déterminer le sens de rotation, en analysant l'état de B au moment du front montant de A (passage de l'état bas à l'état haut).



B=0, lors du front montant de A

B=1, lors du front montant de A



Caractéristique du codeur du robot haptique :

Nombre de points : 320 sur 1 piste avec double faisceau de lecture.

Pied à coulisse

La précision du capteur est de 1/100



Pour acquérir l'information issue du pied à coulisse :

Mesure par les capteurs (pied à coulisse et codeur)

Indiquer le port de la carte arduino
COM13

Codeur (inc) 0

mesure (mm) 0

OK

Valider

Enregistrer la mesure supprimer une ligne

OK

n° de ligne 1

OK

n° mesure	angle (°)	Déplacement Z (mm)

Remise à Zéro

Déplacement Z (mm)

angle α (°)

Aperçu

Renseigner le port COM Arduino au préalable

Pour exporter sous Excel les valeurs mesurées :

Sélectionner l'ensemble des données du tableau, par un clic droit souris, exporter sous Excel

n° mesure	angle (°)	Déplacement Z (mm)
25	-41,153144	44,380000
26	-43,144421	46,980000
27	-47,643241	52,680000
28	-50,003278	55,560000
29	-53,617084	59,990000
30	-56,493379	63,470000
31	-59,259047	66,640000

Copier les données

Description et info-bulle...

✓ Visualiser la sélection

Exporter

Exporter les données vers le presse-papiers

Exporter les données vers Excel

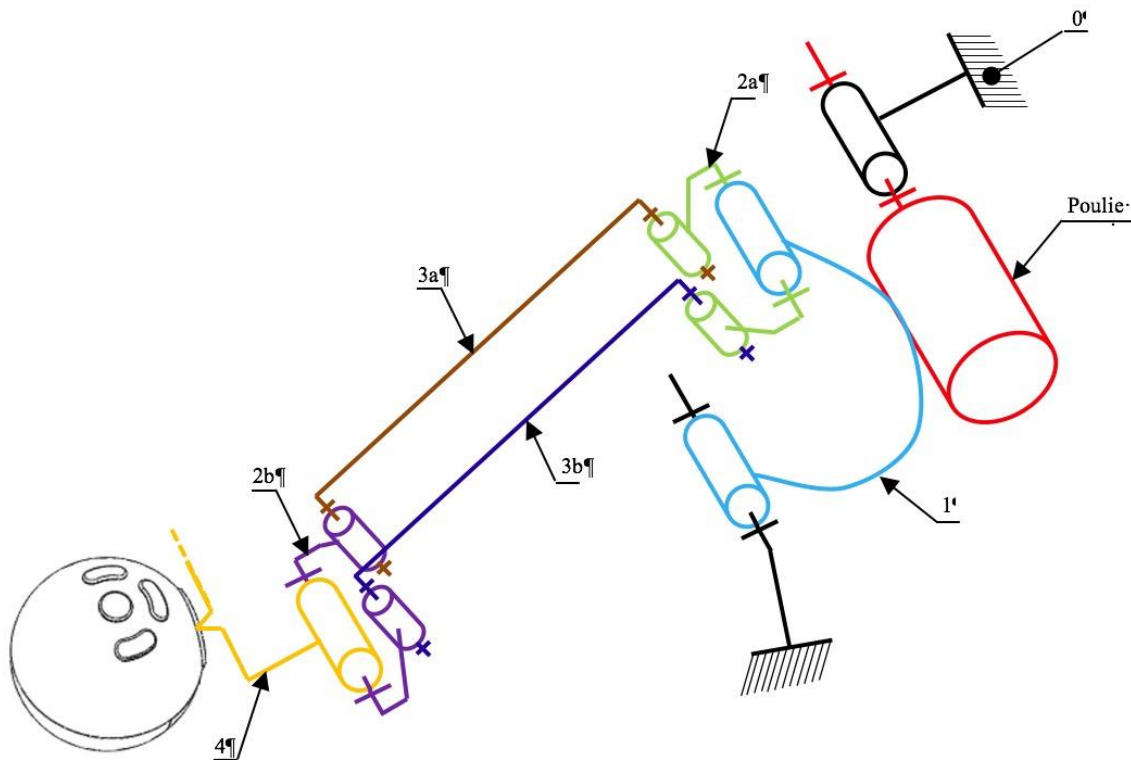
Exporter une image simplifiée...

Quelques points à explorer :

- Proportionnalité entre l'angle affiché en incrément et en degrés par l'interface logicielle.
- Valider expérimentalement la résolution en position du bras de 400 dpi soit 63.5 $\mu\text{m}/\text{pt}$

Fiche 7 MODELISATION CINEMATIQUE

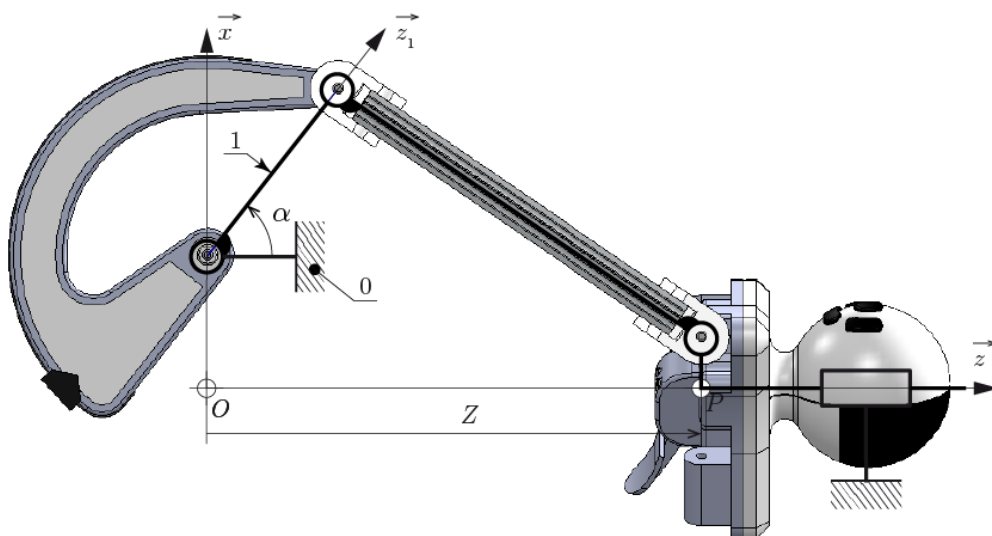
Modélisation 3D



Modélisation 2D

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

Solides :	Paramétrage des liaisons :	Notations :
bâti <u>0</u>	glissière <u>0-4</u> de direction $\vec{z} : Z = \overrightarrow{OP} \cdot \vec{z}$	$\overrightarrow{OP} = Z\vec{z}$
manivelle <u>1</u>	pivot <u>0-1</u> d'axe $(A, \vec{y}) : \alpha = (\vec{z}, \vec{z}_1)$	$\overrightarrow{OA} = r\vec{x}$
tige <u>2</u>	pivot <u>2-4</u> d'axe $(E, \vec{y}) : \theta = (\vec{z}, \vec{z}_2)$	$\overrightarrow{AB} = a\vec{z}_1$
l'effecteur <u>4</u>	pivot <u>1-2</u> d'axe $(B, \vec{y}) : \beta = \theta - \alpha$	$\overrightarrow{BE} = (2d + b)\vec{z}_2$
		$\overrightarrow{PE} = c\vec{x}$



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

