

Plate-forme 6 axes



1) PRESENTATION DES ROBOTS SERIES ET DES ROBOTS PARALLELES.....	3
11) INTRODUCTION.....	3
12) APPLICATIONS ACTUELLES DES ROBOTS PARALLELES.....	3
2) PRESENTATION DE LA MAQUETTE DIDACTISEE DU LABORATOIRE.....	4
21) PARTIE OPERATIVE.....	4
<i>Architecture d'un axe.</i>	<i>5</i>
22) PARTIE COMMANDE – PARTIE ECHANGE.	6
3) PROCEDURE DE MISE EN SERVICE ET EN ARRET DU SYSTEME.	7
4) UTILISATION DU LOGICIEL DE PILOTAGE ET D'ANALYSE.....	7
41) VOUS DESIREZ PILOTER LE 7 ^{EME} AXE AUTONOME « SEUL ».	7
42) VOUS DESIREZ PILOTER LA PLATE-FORME AVEC SES « 6 VERINS ».	7

1) Présentation des robots séries et des robots parallèles.

11) Introduction.

La majorité des manipulateurs existants à l'heure actuelle présente un caractère anthropomorphique marqué : ce sont principalement des caricatures de bras humain. On utilise donc ce que l'on appelle des robots séries (exemple : le Robot Ericc).

Or ces manipulateurs (ou robots) engendrent des défauts de précision :

- En effet, la disposition en série des segments fait que chacun d'eux doit supporter, en plus de son propre poids, le poids des segments suivants ainsi que la charge utile. Ceux-ci sont donc soumis à des moments de flexion importants, ce qui impose de les rigidifier, donc de les alourdir. La précision de positionnement souffre de ces déformations de flexion.
- D'autre part, l'ampleur des bras de levier fait qu'une petite erreur de mesure sur les capteurs des premiers segments entraîne une erreur importante sur le positionnement de l'organe terminal.

Dans les années soixante, l'expansion de l'industrie aéronautique, l'accroissement des coûts de formation des pilotes et la nécessité de tester hors vol les nouveaux appareils ont motivé une recherche sur les mécanismes à plusieurs degrés de liberté susceptibles d'animer une plate-forme lourdement instrumentée (par exemple avec un cockpit complet d'avion). La naissance des robots parallèles eu lieu. Le but visé était de restituer des accélérations, ce qui n'impliquait pas impérativement la possibilité d'effectuer de grands déplacements ou d'avoir une bonne précision de positionnement.

12) Applications actuelles des robots parallèles.

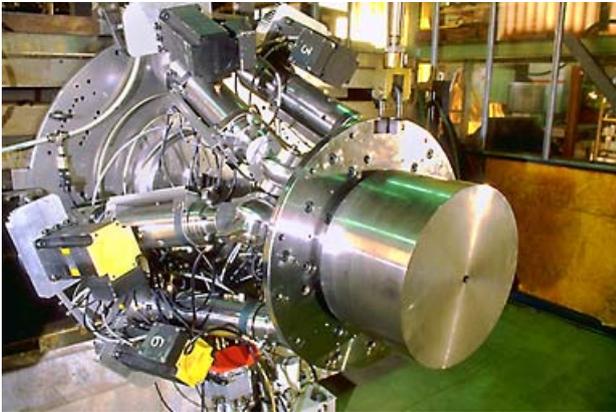
La plate-forme 6 axes, objet de notre étude, est une maquette reproduisant la structure de systèmes réels utilisés principalement :

- en aéronautique, dans les simulateurs de vol, simulateurs de conduite d'engins spatiaux,



- en équitation, dans les simulateurs équestres développés pour l'École Nationale d'Équitation,
- dans les manèges forains,

- en cinématographie, dans les sièges de cinéma dynamique (Futuroscope de Poitiers, Cité des Sciences de La Villette à Paris) où les spectateurs sont soumis physiquement à des accélérations correspondantes aux scènes qui se déroulent sous leurs yeux,
- et en productique, dans certaines machines outils (VALRIAX de GIDDINGS et LEWIS, l'hexapode de CMW) où la broche est montée sur la plate-forme mobile.



Exemple de caractéristiques d'une machine-outil :

- volume de travail : cube de 630 mm,
- broche de puissance 22 KW,
- vitesses de déplacements en rapide de 66 m/min,
- accélérations supérieures à 1 G,
- rigidité 5 fois supérieure à une bonne machine classique,
- précision de ± 10 microns,
- vitesses de contournage 5 à 10 fois supérieures à celles obtenues sur des centres d'usinage classique,
- angle de travail de la broche de $\pm 25^\circ$.

Cette structure particulière autorise à la plate-forme mobile tous les mouvements dans la limite des débattements autorisés par les vérins. Les systèmes réels utilisent le plus souvent une technologie hydraulique, notre maquette utilise des **vérins électriques**.



Pour poursuivre la présentation des applications, visionner les vidéos qui se trouvent dans le répertoire SII Elève / Dossier technique.

2) Présentation de la maquette didactisée du laboratoire.

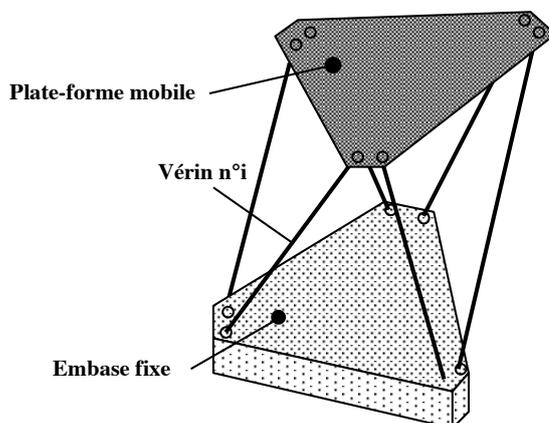
21) Partie opérative.

L'architecture de la partie opérative est celle d'un robot parallèle, comportant 6 vérins montés en parallèle. Pour chacun de ces vérins, une extrémité est articulée sur une embase fixe et l'autre extrémité s'articule sur la plate-forme mobile. Les articulations sont réalisées à l'aide de liaisons rotules.

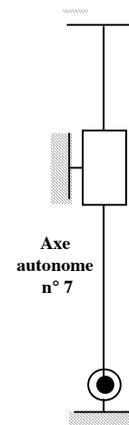
Chaque vérin, de course théorique d'environ 150 mm, est un vérin électrique, construit à partir d'une liaison hélicoïdale, et motorisé par un motoréducteur à courant continu.

La maquette est complétée par :

- un 7^{ème} axe, autonome, monté sur un support spécifique, afin d'effectuer des tests isolés (asservissement, raideur,) et de s'affranchir des problèmes dynamiques de couplage entre tous les vérins.
- un 8^{ème} axe démonté dans la mallette se situant à coté de la maquette.



Architecture de la maquette 6 axes



Architecture du 7^{ème} axe

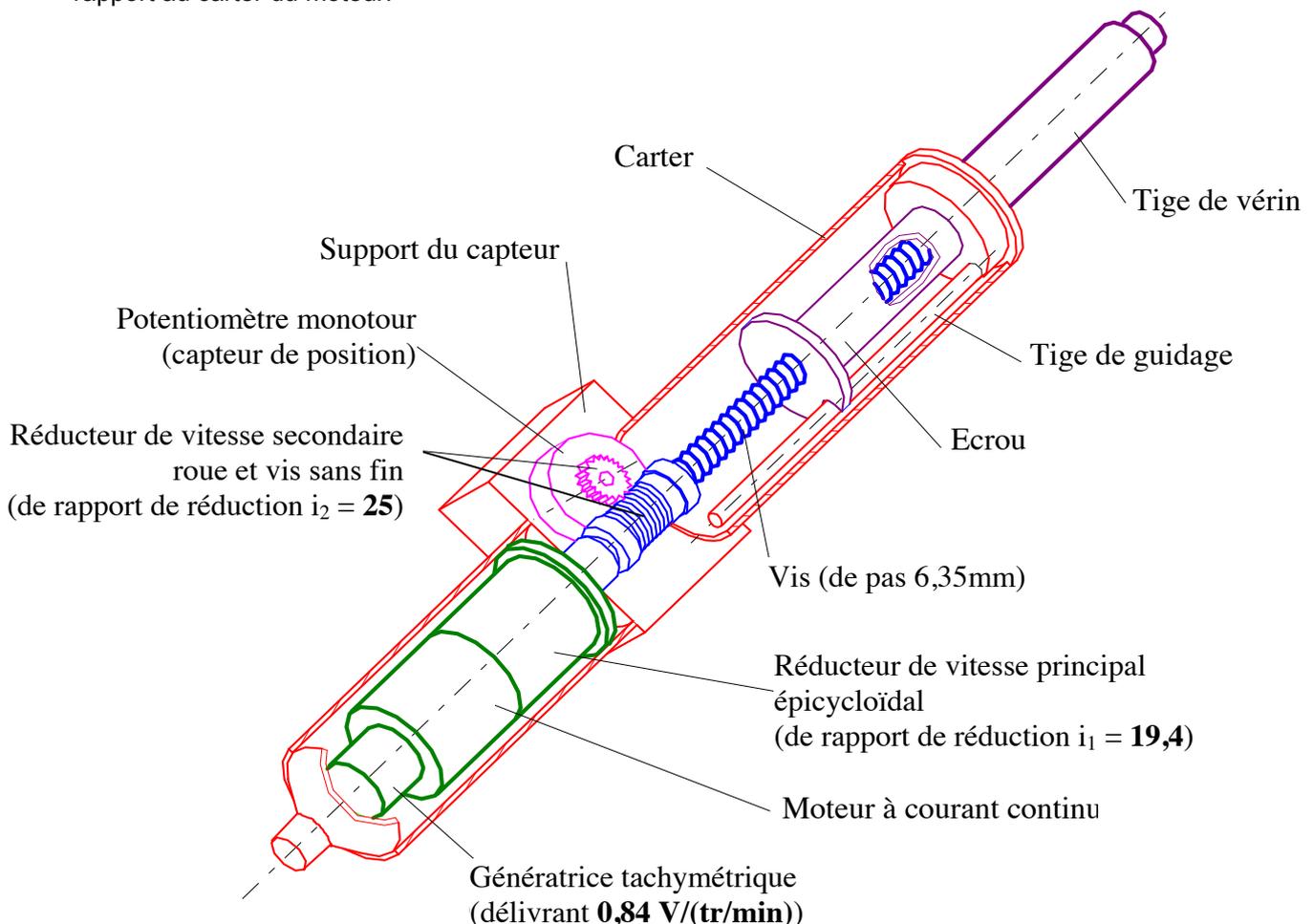
Architecture d'un axe.

Le vérin électrique est constitué :

- d'un moteur à courant continu (**actionneur**) (de 4 W environ et tournant à 6000 tr/min en régime nominal), permettant de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation,
- d'une génératrice tachymétrique (**capteur**), mesurant la vitesse angulaire du moteur $\omega_m(t)$ et délivrant une tension proportionnelle $u_{mes\ vit}(t)$ à cette vitesse angulaire,
- d'un réducteur de vitesse principal épicycloïdal (**transmetteur**), permettant de réduire la vitesse angulaire du moteur,
- d'un réducteur de vitesse secondaire roue et vis sans fin (**transmetteur**), permettant d'adapter le nombre de tours de la vis à la mesure effectuée par le capteur de position,
- d'un potentiomètre monotour (**capteur**) permettant de connaître, à chaque instant t , la position de la tige du vérin, et délivrant une tension proportionnelle $u_{mes\ pos}(t)$ à cette position,
- d'un dispositif vis-écrou (de pas $p = 6,35$ mm) (**transmetteur**), permettant de transformer le mouvement de rotation de la vis liée au rotor du moteur en un mouvement de translation de l'écrou lié à la tige du vérin (NB : 1 tour de la vis fait avancer de 1 pas l'écrou),
- d'une tige (**effecteur**).

Remarque :

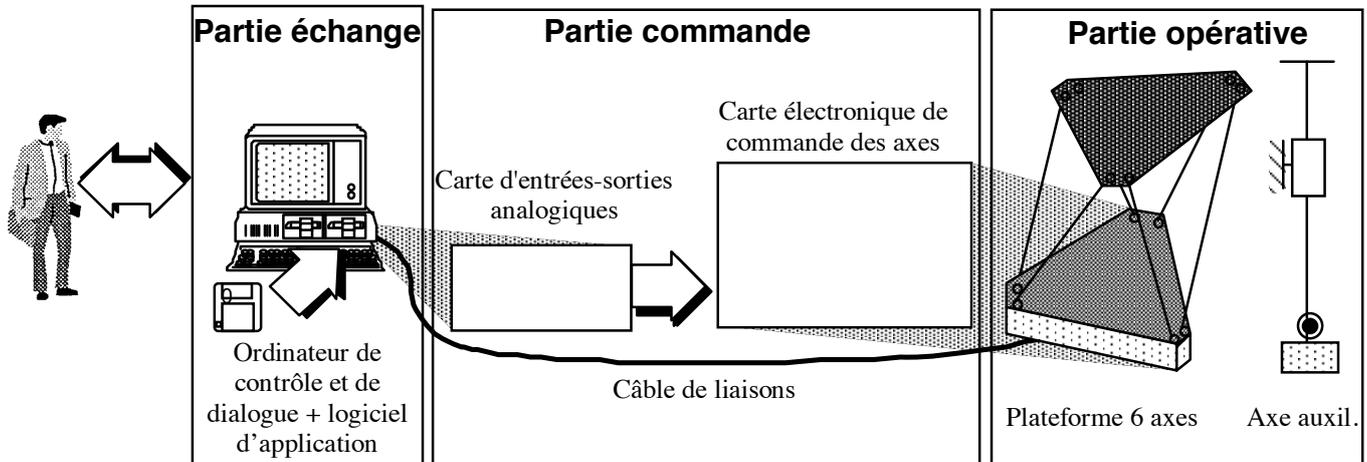
La vis sans fin et la vis sont en liaison encastrement et donc tournent à la même vitesse angulaire par rapport au carter du moteur.



Moteur à courant continu :	Escap 23HL11-213E
Réducteur principal :	Escap R22 – $i_1 = 19,4$
Vis :	Kerk série B ; $\varnothing 6,35$ mm ; pas 6,35 mm
Écrou tige de vérin :	Kerk série B (associé à la vis)
Réducteur secondaire roue-vis sans fin :	Réducteur $i_2 = 25$
Génératrice tachymétrique :	Escap 204 (associée au moteur 23HL11)
Potentiomètre de mesure de position :	Dinopot P1701, monotour, taille 9 synchro

22) Partie commande – Partie Echange.

La commande de chaque moteur de vérins est une commande asservie en position par l'intermédiaire d'un **capteur potentiométrique monotour** lié à la vis d'entraînement (en sortie du réducteur : voir paragraphe architecture d'un axe). Elle est assurée par une commande d'asservissement multiaxes intégrant le pilotage en courant des moteurs.



L'entrée des consignes de position s'effectue à partir d'un ordinateur comportant un logiciel de simulation-pilotage, interfacé avec la commande d'axes.

La carte d'interfaces analogique-numérique entre l'ordinateur et l'électronique de commande des axes permet à la fois, en « temps réel » :

- de transmettre les consignes calculées par l'ordinateur vers chacun des axes commandés,
- d'acquérir les différentes mesures de position, de vitesse et de couple moteur pour les visualiser.

3) Procédure de mise en service et en arrêt du système.

MISE EN SERVICE :

- ☞ Vérifier que l'interrupteur de la plate-forme (situé à l'arrière) est en position "off" avant de mettre l'ordinateur sous tension.
- ☞ Lancer : - le logiciel « axe » pour une étude avec le 7^{ème} axe autonome seul,
- ou le logiciel « stewart » pour une étude avec la plate-forme.
- ☞ Cliquer sur le menu Fichier / Nouveau (vous accédez alors au menu général, visualisant l'axe ou la plate-forme).
- ☞ **Alors, et seulement alors**, mettre la plate-forme sous tension.

MISE HORS SERVICE.

- ☞ Quitter le logiciel.
- ☞ Mettre la table hors tension.
- ☞ Éteindre l'ordinateur.

4) Utilisation du logiciel de pilotage et d'analyse.

41) Vous désirez piloter le 7^{ème} axe autonome « seul ».

Etape 1 : Paramétrage de la consigne.

- ☞ Cliquer sur le menu Acquisition.
- ☞ Choisir le signal d'entrée désiré (carré, sinus, rampe, trapèze).
ATTENTION : La longueur du vérin est limitée en débattement : 345 mm < L < 485 mm.

Etape 2 : Lancement du pilotage.

- ☞ Cliquer sur le menu Pilotage / Action.
- ☞ Attendre que le vérin se place à sa position initiale.
- ☞ Puis OK.

Etape 3 : Visualisation de courbes.

- ☞ Cliquer sur le menu Pilotage / Courbes / Choix / Y=y(x).
- ☞ Choisir la courbe désirée (position, vitesse, couple ou toutes).
- ☞ Pour obtenir des valeurs précises, cliquer sur Valeurs puis sur  .

42) Vous désirez piloter la plate-forme avec ses « 6 vérins ».

Le mouvement de la plate-forme peut être obtenu de 2 manières différentes :

- soit en pilotant chaque longueur des 6 vérins à l'aide des **6 coordonnées directes L_i** .
- soit en pilotant la position et l'orientation de la plate-forme Mobile / embase Fixe à l'aide des **6 coordonnées inverses $X_m, Y_m, Z_m, \theta_x, \theta_y, \theta_z$** .

Etape 1 : Paramétrage de la consigne.

Possibilité 1 : Paramétrage des longueurs des 6 vérins à l'aide des 6 coordonnées directes L_i .

- ☞ Cliquer sur l'icône Statut / Direct / OK.
- ☞ Cliquer sur le menu Acquisition / Li act.
- ☞ Rentrer les équations des longueurs des 6 vérins en utilisant une variable « u » pour laquelle vous stipulerez ses limites dans borne inf et borne sup.
Exemple : $L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = L_5 = L_6 = 400 + 50 \cdot \sin(u)$ avec $u \in [0, 2\pi]$ (borne inf = 0 et borne sup = $2 \cdot \pi$) correspond à un mouvement de translation rectiligne verticale avec les L_i qui oscillent entre 350 mm et 450 mm.
ATTENTION : Les longueurs des vérins sont limitées en débattement : 345 mm < L_i < 485 mm.
- ☞ Indiquer le nombre de points calculés dans l'intervalle (pour que le mouvement soit fluide prendre 100).

Possibilité 2 : Paramétrage de la position et l'orientation de la plate-forme Mobile / embase Fixe à l'aide des 6 coordonnées inverses $X_m, Y_m, Z_m, \theta_x, \theta_y, \theta_z$.

NB : On définit d'abord une situation (position + orientation) de référence : Situation lorsque tous les vérins sont rentrés.

C'est-à-dire que la plate-forme Mobile est parallèle à l'embase Fixe, et a pivoté de $+\pi/3$ autour de l'axe $(O_F, \overline{z_F})$ par rapport à l'embase Fixe.

Les 3 paramètres de position X_m, Y_m, Z_m représentent les déplacements de la plate-forme Mobile par rapport à cette position de référence dans le repère de l'embase Fixe.

Les 3 paramètres d'orientation $\theta_x, \theta_y, \theta_z$ représentent les rotations par rapport à cette orientation de référence :

θ_z : rotation de la plate-forme autour de l'axe vertical $\overline{z_F}$,

θ_x : rotation de la plate-forme autour de l'axe transformé de $\overline{x_F}$ par la rotation précédente,

θ_y : rotation de la plate-forme autour de l'axe transformé de $\overline{y_F}$ par les deux rotations précédentes.

NB : En indiquant 0 à ces 6 paramètres, la plate-forme Mobile se retrouve dans sa situation de référence.

 Cliquer sur l'icône Statut / Inverse / OK.

 Cliquer sur le menu Acquisition / Qi act.

 Rentrer les équations des 6 paramètres en utilisant une variable « u » pour laquelle vous stipulerez ses limites dans borne inf et borne sup.

Exemple : $\theta_x = \theta_y = \theta_z = X_m = Y_m = 0$ et $Z_m = 80 + 50 \cdot \sin(u)$ avec $u \in [0, 2\pi]$ (borne inf = 0 et borne sup = $2 \cdot \pi$) correspond à un mouvement de translation rectiligne verticale avec Z_m qui oscille entre 30 mm et 130 mm.

ATTENTION : Les paramètres sont limités en débattement. Exemple : $0 \leq Z_m \leq 150$ mm.

 Indiquer le nombre de points calculés dans l'intervalle (pour que le mouvement soit fluide prendre 100).

NB : Dans les équations paramétriques, il est possible d'utiliser les fonctions :

PI	π
ABS	valeur absolue
SQRT	racine carrée
SQR	carré
SIN	sinus
COS	cosinus
TAN	tangente
ARCTAN	arc tangente
ARCSIN	arc sinus
ARCCOS	arc cosinus
LN	logarithme népérien
LOG	logarithme décimal
EXP	exponentielle

Etape 2 : Calcul.

 Cliquer sur l'icône Calcul.

Etape 3 : Lancement du pilotage.

 Cliquer sur le menu Pilotage / Action / simple.

 Attendre que la plate-forme se place à sa situation initiale.

 Puis OK.

Etape 4 : Visualisation de courbes.

 Cliquer sur le menu Pilotage / Résultats / Vérin 1.

 Pour obtenir des valeurs précises sur une des 4 courbes (consigne, position, vitesse, couple), cliquer sur Outils / Choix courbe, puis sur la courbe désirée, puis sur l'icône Valeurs , puis sur  .

Vous pouvez obtenir des courbes non plus en fonction du temps, mais en fonction d'une autre variable :

 Cliquer sur Paramétrique et choisir les variables que vous souhaitez voir sur l'axe des abscisses et l'axe des ordonnées.