

Secteur d'activité du matériel : robotique, secteur agricole

Support : maquette MaxPID, composé d'une commande d'axe d'un robot de cueillette.

Problème technique : Établir et valider le modèle géométrique de transformation et de réglage de mouvement.

## I Présentation du problème technique



La société Pellenc développe des robots automatisés permettant de

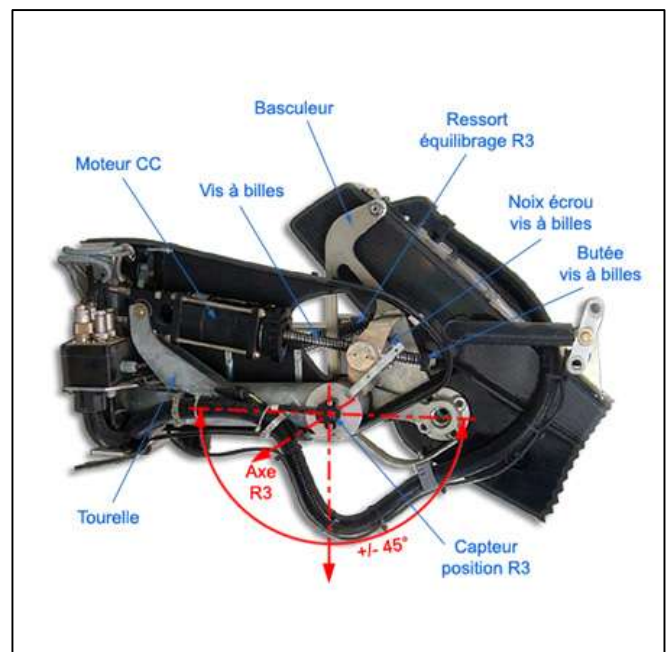
- trier automatiquement des déchets (robot Planeco)
- cueillir des pommes ou des citrons (robot Magali/Citrus)
- greffer des rosiers (robot Rosal)

L'architecture générale des trois robots est semblable. La seule différence réside dans l'orientation de l'embase fixe (bâti). Dans le cas du robot cueilleur de fruits, cette embase est horizontale ; alors qu'elle est verticale pour le robot de tri de déchets. L'équilibrage de l'ensemble des axes s'en trouve donc modifié, mais la chaîne cinématique reste la même.

L'orientation du robot est réalisée par trois chaînes fonctionnelles pilotant les axes de rotation :

- de la structure par rapport à l'embase fixe (azimut) (Axe R2) ;
- de la chaise par rapport à la structure (site) (Axe R3) ;
- **du bras par rapport à la chaise (Axe R4) : objet du TP.**

Les trois chaînes fonctionnelles ont la même structure.



Le support de T.P. (**MaxPID**) disposé dans le laboratoire correspond à la chaîne fonctionnelle d'orientation du bras par rapport à la chaise (Axe R4).

Dans le cas du tri de déchet par exemple, les déchets avançant grâce à un tapis roulant, il est nécessaire de déterminer la rapidité des articulations de façon à pouvoir adapter la consigne de position à donner au robot pour bien prendre les déchets. Les phases de déplacement de chacune des articulations sont en général des trapèzes de vitesse (cf cycle 4).

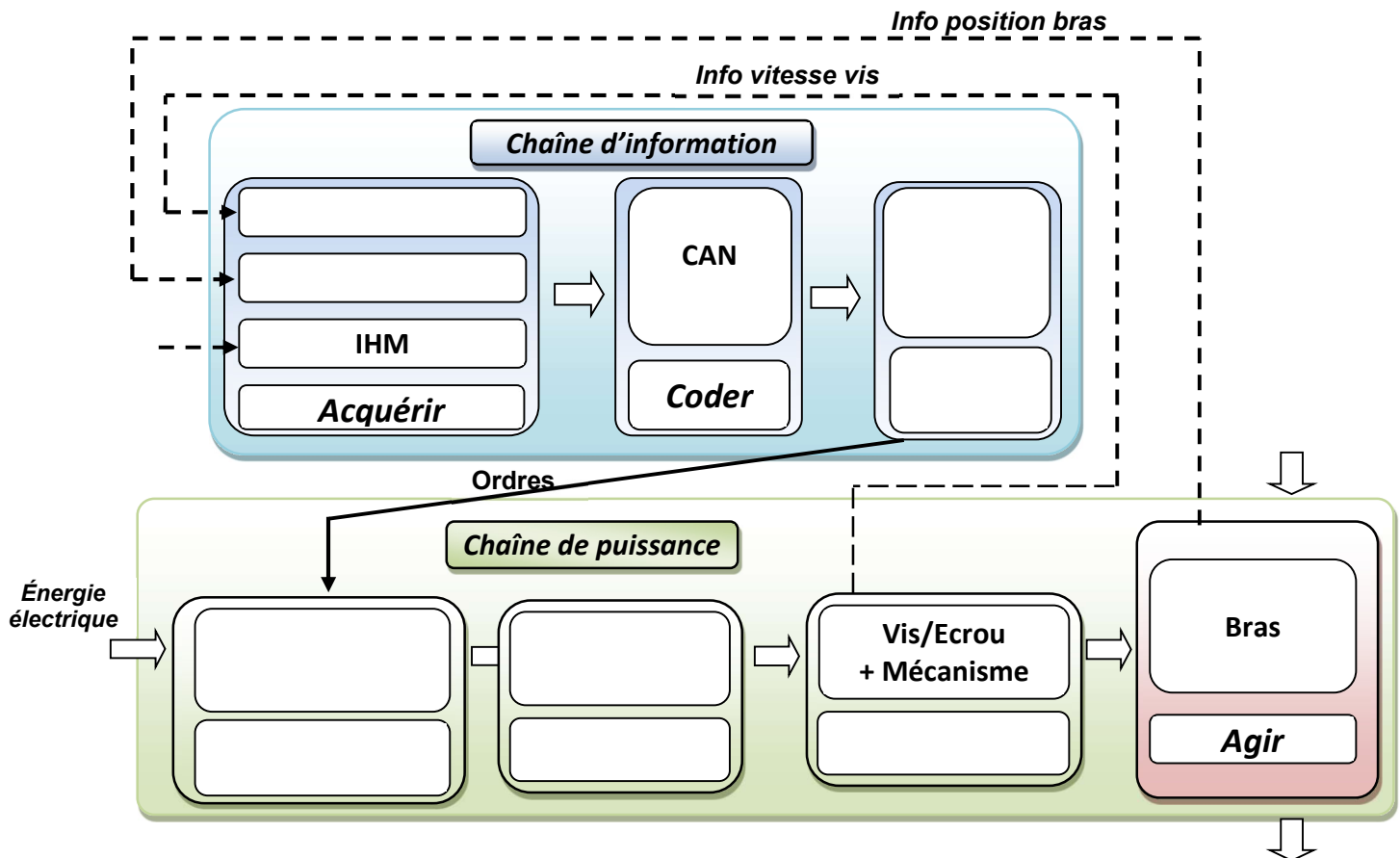
L'objectif du travail est donc :

- d'analyser l'architecture de l'articulation Maxpid
- de proposer un modèle cinématique de l'articulation et de valider ce modèle par la simulation sur le logiciel Solidworks.

## II Présentation du système

Le bras du MaxPID est mis en mouvement par l'intermédiaire d'un système vis/écrou et d'un ensemble de liaisons entre les différentes pièces du mécanisme. La vis est entraînée par un moteur. Une génératrice tachymétrique permet de mesurer la vitesse de rotation de la vis par rapport au corps du moteur et un capteur angulaire permet de mesurer l'angle de rotation du bras par rapport au châssis. Le moteur est piloté en tension par un hacheur situé à l'intérieur de la carte de commande numérique (à l'intérieur du châssis orange). La carte traite les informations transmises par le capteur angulaire, compare cette valeur à la consigne de position angulaire et élabore la commande du hacheur.

1. Compléter la chaîne fonctionnelle ci-dessous du système en vous aidant de la présentation du système.



### III Modélisation cinématique du mécanisme et détermination de la loi entrée-sortie théorique

L'objectif de cette partie est d'analyser le mécanisme afin de proposer un modèle de représentation par liaisons entre les solides afin de déterminer la loi entrée-sortie du mécanisme. Cela permet de connaître la loi de commande à imposer au moteur pour obtenir l'évolution du bras souhaitée. On comparera ensuite cette loi entrée-sortie théorique à la loi entrée-sortie simulée.

**Pour y arriver, nous travaillerons à la fois avec le mécanisme réel et d'autre part avec la maquette numérique.**

La maquette numérique est disponible dans le dossier « Maxpid SW » (sur le site mnsi) en cliquant sur le fichier «Maxpid.sldasm».

On considère les classes d'équivalence cinématiques suivantes : **la chaise (bâti)** 1, **le support moteur** 2, **la vis** 3, **l'écrou** 4 et **le bras** 5.

**NB** : une classe d'équivalence cinématique est un ensemble de pièces fixées les unes aux autres, c'est-à-dire, qui n'ont pas de mouvements relatifs. Une classe d'équivalence cinématique est aussi appelée **SOLIDE**.

On attache aux différents solides des repères :

- $R_1 = (O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$  : repère associé à la **chaise** 1 ;
- $R_2 = (B, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$  : repère associé au **support moteur** 2 ;
- $R_3 = (B, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$  : repère associé à la **vis** 3 ;
- $R_4 = (C, \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z}_4)$  : repère associé à l'**écrou** 4 ;
- $R_5 = (A, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)$  : repère associé au **bras** 5.

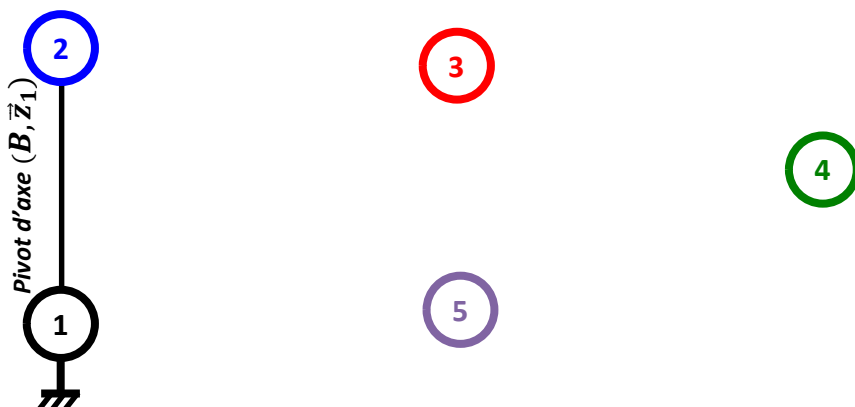
**NB** :

- un repère est l'association d'une origine (ex. le point O pour le repère  $R_1$ ) et d'une base (ex.  $(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$  pour le repère  $R_1$ ). En SI, nous travaillerons toujours avec des **bases orthonormées directes**.
- les points O, A, B et C sont repérés sur le MaxPID du laboratoire.

2. En observant les mouvements relatifs entre les différentes classes d'équivalence, identifier les liaisons entre les différentes classes d'équivalence et compléter le graphe des liaisons ci-dessous.

**On s'aidera du tableau des liaisons normalisées du cours pages 6 et 7.**

**Pour désigner les caractéristiques géométriques des liaisons (axe, centre, direction,...), on s'appuiera sur les vecteurs représentés sur le schéma page suivante.**



3. Faire ci-dessous le schéma cinématique du MaxPID dans le plan  $(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1)$ .

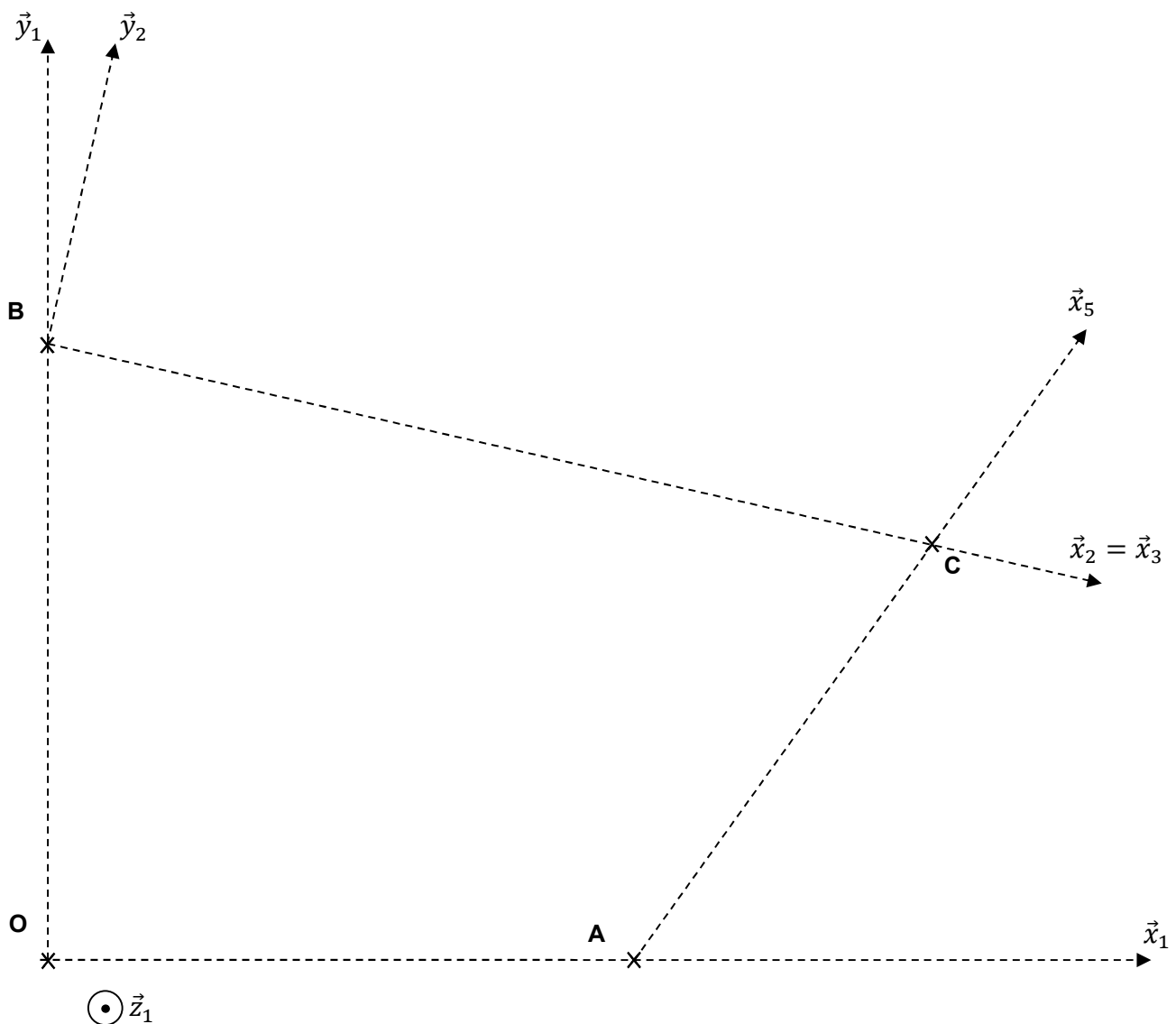
4. Mettre en place sur le schéma cinématique les paramètres angulaires pour orienter :

- la base  $B_2$  par rapport à la base  $B_1$  :  $\alpha(t) = (\vec{x}_1, \vec{x}_2) = (\vec{y}_1, \vec{y}_2)$ .
- la base  $B_3$  par rapport à la base  $B_2$  :  $\beta(t) = (\vec{y}_2, \vec{y}_3) = (\vec{z}_2, \vec{z}_3)$  ;
- la base  $B_5$  par rapport à la base  $B_1$  :  $\theta(t) = (\vec{x}_1, \vec{x}_5) = (\vec{y}_1, \vec{y}_5)$ . On note  $\overline{AC} = L_2 \cdot \vec{x}_5$

On note  $\overline{BC} = x(t) \cdot \vec{x}_2$ .

Mettre en place sur le schéma cinématique le paramètre linéaire  $x(t)$  pour positionner le repère  $R_4$  par rapport au repère  $R_3$ .

On notera pour la suite :  $x(t) = X_0 + \Delta X$  où  $X_0$  correspond à la position du système (bras à l'horizontale)



## 5. Réaliser les figures géométrales :

--	--

## 6. Mesurer approximativement les longueurs constantes sur le système du laboratoire :

OA = L <sub>1</sub> =	mm	AC = L <sub>2</sub> =	mm	OB = H =	mm	X <sub>0</sub> =	mm
-----------------------	----	-----------------------	----	----------	----	------------------	----

## 7. Identifier le paramètre d'entrée et le paramètre de sortie :

Paramètre d'entrée :

Paramètre de sortie :

## 8. A l'aide d'une règle, mesurer le pas de la vis.

pas = mm

9. Donner la relation entre la variation de position de l'écrou  $\Delta X$  (translation) et la position angulaire de la vis  $\beta$  (rotation) en fonction du pas  $p$ . Justifier le signe de la relation en précisant dans quel sens se déplace l'écrou par rapport à la vis.

--

Le nombre de cycles indépendants dans un mécanisme indique combien d'ensembles d'équations indépendantes il est possible d'écrire pour ce mécanisme. Un ensemble d'équations est obtenu en réalisant une fermeture géométrique (angulaire et/ou linéaire). La fermeture linéaire (la plus utilisée) consiste à établir une relation de Chasles en passant par les points caractéristiques des liaisons entre solides en parcourant un cycle. Ce nombre peut être déterminé par le calcul du « nombre cyclomatique » :

$$\gamma = N_L - N_S + 1 \quad (N_L : \text{nombre de liaisons} ; N_S : \text{nombre de solides}).$$

## 10. Vérifier que ce nombre cyclomatique correspond bien au nombre de cycles mis en évidence sur le graphe des liaisons.

--

11. À l'aide de la fermeture géométrique adéquate, déterminer la loi entrée-sortie du mécanisme.

12. Calculer alors le nombre de tours  $\Delta\beta_{\text{théorique}}$  que doit effectuer la vis afin que le bras passe de la position horizontale ( $\theta = 0^\circ$ ) à la position verticale ( $\theta = 90^\circ$ ).

13. Comparer  $\Delta\beta_{\text{théorique}}$  calculé ci-dessus avec  $\Delta\beta_{\text{réel}}$  mesuré sur le système. Conclure sur la validité du modèle.

## IV Simulation sous Solidworks/Méca3D du comportement

L'objectif de cette partie est de compléter la maquette numérique « Maxpid.SLDASM » en définissant sous méca3D les classes d'équivalence cinématique (« pièces » sous méca3D) et les liaisons afin de déterminer la loi entrée-sortie simulée du mécanisme.

### Manipulation :

- Cliquer droit sur « Mécanisme » et choisir « Construction automatique ». Le logiciel reconnaît automatiquement chaque solide et chaque liaison entre solide, et leur associe un repère local. L'ensemble des pièces est visible en cliquant sur le symbole « + » devant « Pièces » ou « Liaisons » dans l'arbre de construction.

14. *A partir du graphe des liaisons de la partie précédente vérifier que celui de SW est cohérent.*

Pour modifier des liaisons la pivot glissant en hélicoïdale :

- cliquer droit sur la liaison à modifier puis choisir son type puis cliquer sur « suivant »
- sélectionner les pièces en cliquant dessus dans l'arbre de construction ou directement sur la maquette (puis « suivant »)
- définir les données géométriques c'est à dire les caractéristiques permettant de positionner la liaison et de l'orienter. Cette définition peut s'effectuer par contraintes si elles existent ou par objet. Sélectionner alors une entité géométrique adéquate (exemple un face cylindrique dont l'axe est celui de la liaison pivot ou une arête dont la direction est celle de la glissière). Un drapeau vert indique que les entités sélectionnées sont suffisantes pour définir correctement la liaison. (Attention maintenir Ctrl enfoncé).

**Simuler** le fonctionnement du système :

- faire un clic droit sur analyse puis choisir calcul mécanique,
- choisir une étude géométrique,
- régler les positions initiale et finale du bras correspondant aux valeurs utilisées pour déterminer  $\Delta\beta_{\text{théorique}}$  et un nombre de positions de 90,
- sur résultats, faire un clic droit, puis sélectionner simulation.

15. *Vérifier le fonctionnement du système.*

## V Comparaisons des réponses théoriques et simulées.

**Afficher** l'évolution de la position angulaire de la vis par rapport au support moteur :

- Clic droit sur Résultats, Courbes simples et choisir la liaison pivot « Vis / Support Moteur » puis choisir la position angulaire et consulter.

16. *Vérifier que la valeur  $\Delta\beta_{\text{simulé}}$  est conforme au  $\Delta\beta_{\text{théorique}}$  déterminé dans la partie III.*

**Enregistrer** le tableau de valeur  $\beta = f(\theta)$  au format excel et tracer les courbes théorique et simulée sur le même graphique sur excel.

*Commenter les écarts sur toute la plage  $\theta \in [0^\circ; 90^\circ]$ .*

**Nomenclature MAXPID :**

REP.	REF.	DESIGNATION	QTE
1	21900	ACTIONNEUR	1
2	21703	CHAISE USINEE	1
3	24984	VIS FHC M4-10 Z	2
4	6110	VIS CHC M4-20	2
5	21701	BRAS USINE	1
6	21707	EQUERRE DE REPERAGE	1
7	21837	VIS FHC M3-10	2
8	2526	BILLE DIAMETRE 7 MM	1
9	21705	RONDELLE POTENTIOMETRE	1
10	21956	POTENTIOMETRE PMR 411	1
11	21870	BAGUE INA PAF 30 160 P10	2
12	21704	AXE BRAS	1
13	3175	VIS HC M6-10	2
14	21712	AXE ARTICULATION	4
15	21871	VIS CHC M4x8	4
17	21706	AXE POIDS	1
18	21710	ECROU SERRAGE POIDS	2
19	21860	AXE RESSORT	1
20	21708	RESSORT C30x08x1,5	1
21	21838	RONDELLE PLASTIQUE FRAISE ?3	2



