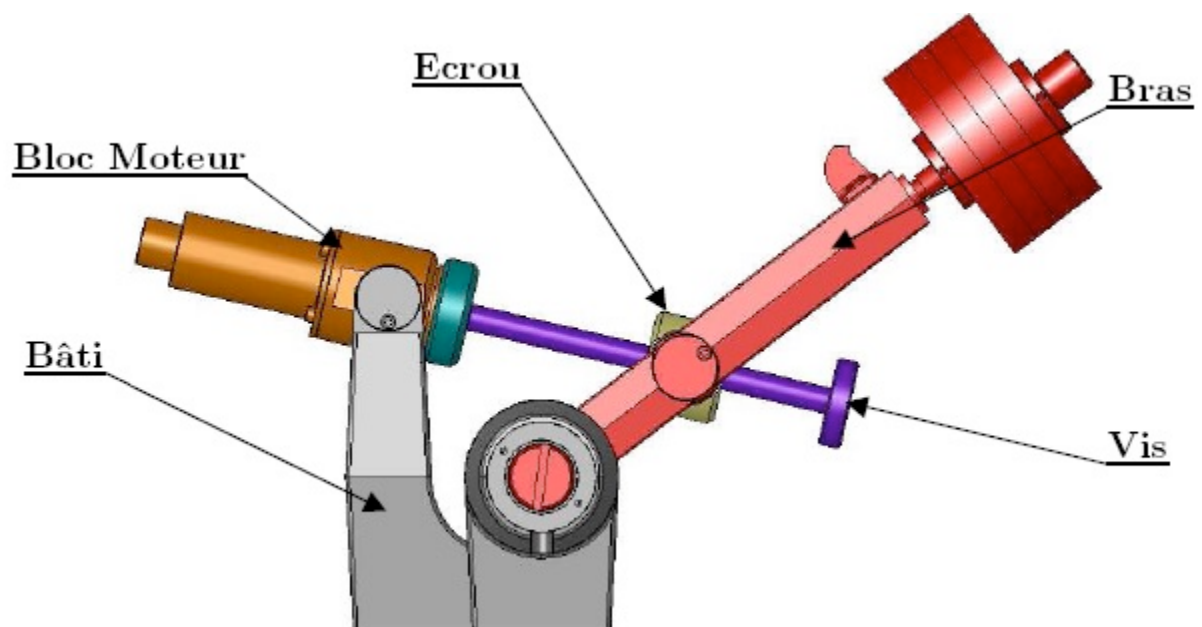


CHAINE FONCTIONNELLE ASSERVIE

MAXPID



ANNEXES

Présentation du système MAXPID

Le système qui vous est proposé à l'étude est extrait d'un robot de cueillette de fruits développé par la société PELLENC.S.A., producteur d'équipements agricoles. Ce système correspond au bras de cueillette au bout duquel est fixé un préhenseur à dépression (photo ci-contre) ou un sécateur qui permet la récolte des fruits dans l'arbre. Ce robot a aussi beaucoup d'autres domaines d'application.



Robot « Citrus »

Les trois fonctions principales du robot sont :

- FP1** : déplacer le robot dans le verger
- FP2** : prendre un fruit dans un arbre
- FP3** : ranger le fruit cueilli dans une caisse

Le robot est entraîné de manière entièrement hydraulique. Il utilise un moteur et sa transmission, un système de direction automatique et des freins utilisant tous la puissance hydraulique.

Le robot se déplace en ligne droite dans les allées et son guidage est assuré par un gyromètre qui informe en continu



préhenseur à dépression

la partie commande du système. Le système comporte en plus des détecteurs (sonars) à ultrasons qui repèrent les pieds des arbres et informent la partie commande de la présence de ceux-ci. Un programme informatique spécifique, stocké en partie commande, permet de déterminer le début et la fin des allées.

Arrivé devant un arbre, le robot s'arrête et cherche les fruits grâce à une caméra dont les images sont analysées par la partie commande. Lorsqu'un fruit est détecté, un programme spécifique, permettant de déterminer la maturité de ce fruit à partir des images fournies par la caméra, permet alors de le choisir ou non. Un odomètre est associé à ce choix pour éviter la prise de fruits trop mûrs. Un autre programme, utilisant lui aussi les données issues de la caméra, détermine alors la position du fruit dans l'espace.

La cueillette est assurée en déplaçant le système de ramassage à préhension dans l'espace grâce à un bras à trois degrés de liberté (dont est extrait le système que vous allez étudier). Un détecteur de contact puis un préhenseur à aspiration permettent alors la détection puis la saisie du fruit.

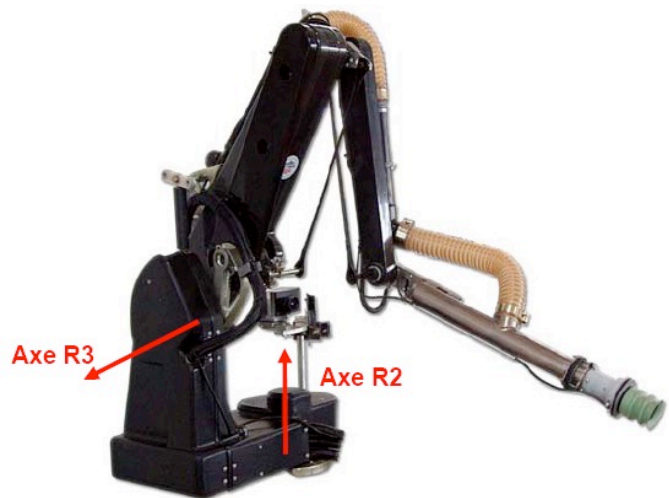
Lorsqu'un fruit a été cueilli, le bras à 3 degrés de liberté revient à son point de départ et dépose le fruit dans une goulotte d'amenée appelée « chemin antichoc ». Ce système permet de transférer le fruit jusqu'au voisinage de la caisse de rangement dans laquelle il est placé grâce à un système de dépose mobile.

Lorsqu'une caisse est pleine (ce qui est repéré par un capteur et un logiciel associé), un mécanisme de manutention des caisses dépose la caisse pleine dans un endroit prévu à cet effet et positionne une nouvelle caisse vide. Un compteur permet de compter le nombre de caisses remplies.

Le bras MAXPID qui se trouve sur la table est une partie du système de ramassage des pommes (bras à 3 degrés de liberté). Ce bras correspond à une des articulations du robot (**Cadre rouge sur la photo ci-dessus**).

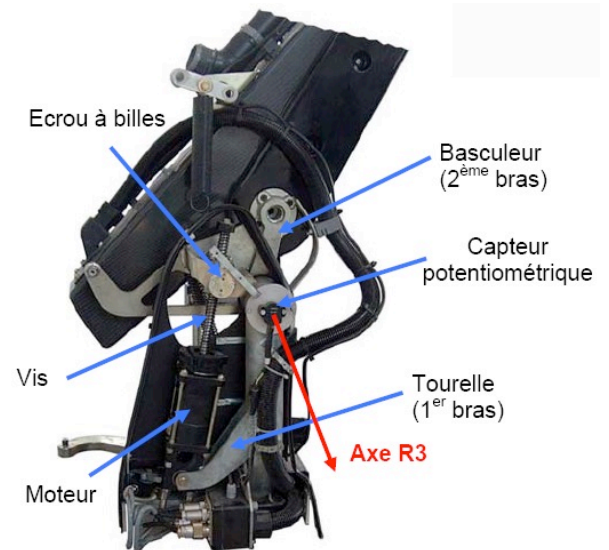
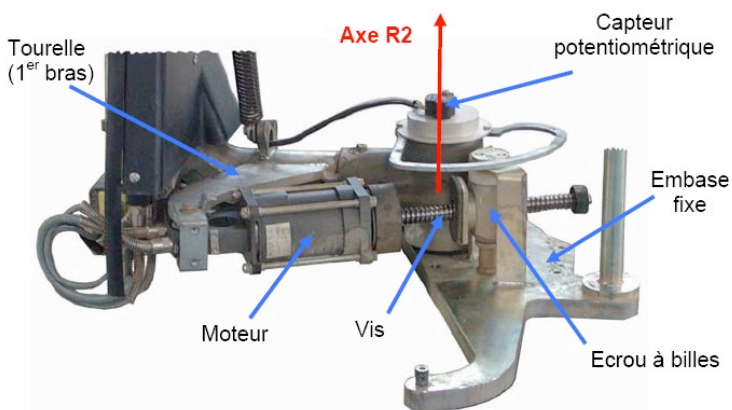
LE BRAS DE CUEILLETTE

L'élément essentiel de la cueillette est le bras muni de son tube de préhension. Il est construit autour d'une caméra de vision artificielle qui détermine la position du fruit et en transmet les coordonnées au système mécanique articulé.



Les axes R2 et R3 définissent les deux angles de visée

- ✚ *azimut* : angle entre deux plans verticaux, mesuré dans un plan horizontal
- ✚ *site* : angle dans un plan vertical entre l'horizontale et la direction visée qui permettent de pointer la direction définie par la caméra.



L'axe R4 produit une élongation, il assure la translation du tube d'aspiration dans la direction du fruit suivant l'azimut et le site définis par la caméra.

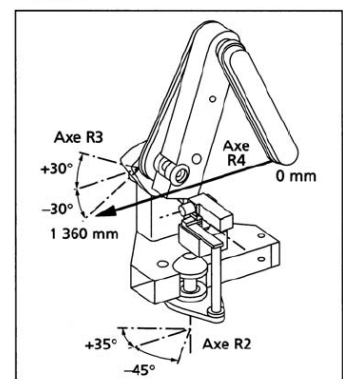
Cette élongation est réalisée avec une cinématique de pantographe, c'est à dire une combinaison de rotation d'axes articulés.

Le bras n'utilise pour ces déplacements que des rotations.

Remarques :

L'axe R1 (non représenté) est celui qui permet de déplacer le bras devant la végétation. Les axes R2 et R3 sont asservis en position angulaire afin de maintenir la direction de prise de fruit lors du déplacement de l'axe R4 sur le trajet "ALLER" à vide et sur le trajet "RETOUR" avec le fruit.

La distance entre le tube et le fruit ne peut être déterminée de manière précise par le système de caméra, aussi un capteur de contact (tube-fruit) permet d'arrêter le mouvement de pénétration du tube.

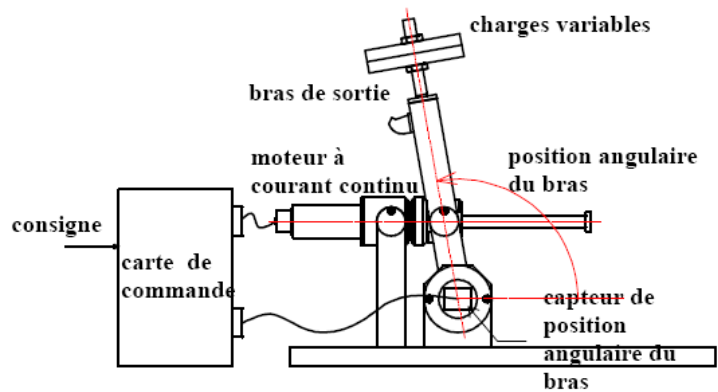


LA MAQUETTE DE L'AXE MAXPID

Le déplacement angulaire d'un bras est réalisé par la chaîne fonctionnelle asservie MAXPID qui comprend:

- une partie opérative avec:
 - un moteur à courant continu
 - un mécanisme de transformation de mouvement qui à partir de la rotation du moteur produit la rotation du bras avec un rapport de réduction de l'ordre de 1/100.
 - un bras lié en rotation au support, il est muni de charges variables afin de simuler tous les cas de fonctionnement utilisés dans les robots.
 - un capteur de position angulaire du bras placé dans la liaison pivot : bati-bras.

- d'une partie commande réalisée par une carte électronique assurant les fonctions:
 - d'acquisition du bras élaborée par le capteur de position angulaire
 - calcul de l'écart
 - élaboration de la commande du moteur à partir de l'écart.



La description organique peut se modéliser fonctionnellement par le schéma bloc ci-dessous.

Ce schéma représente un système asservi monovariante avec comme grandeur d'entrée:

- la consigne de position angulaire du bras comme grandeur de sortie :
- la position réelle du bras

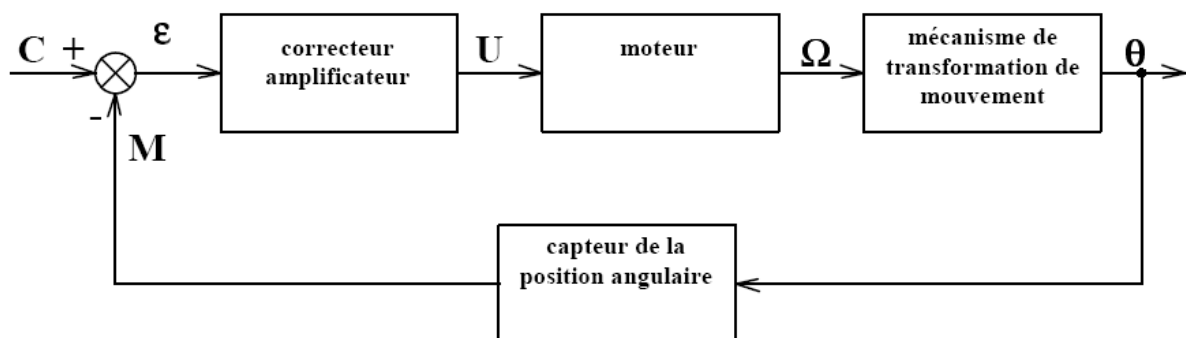
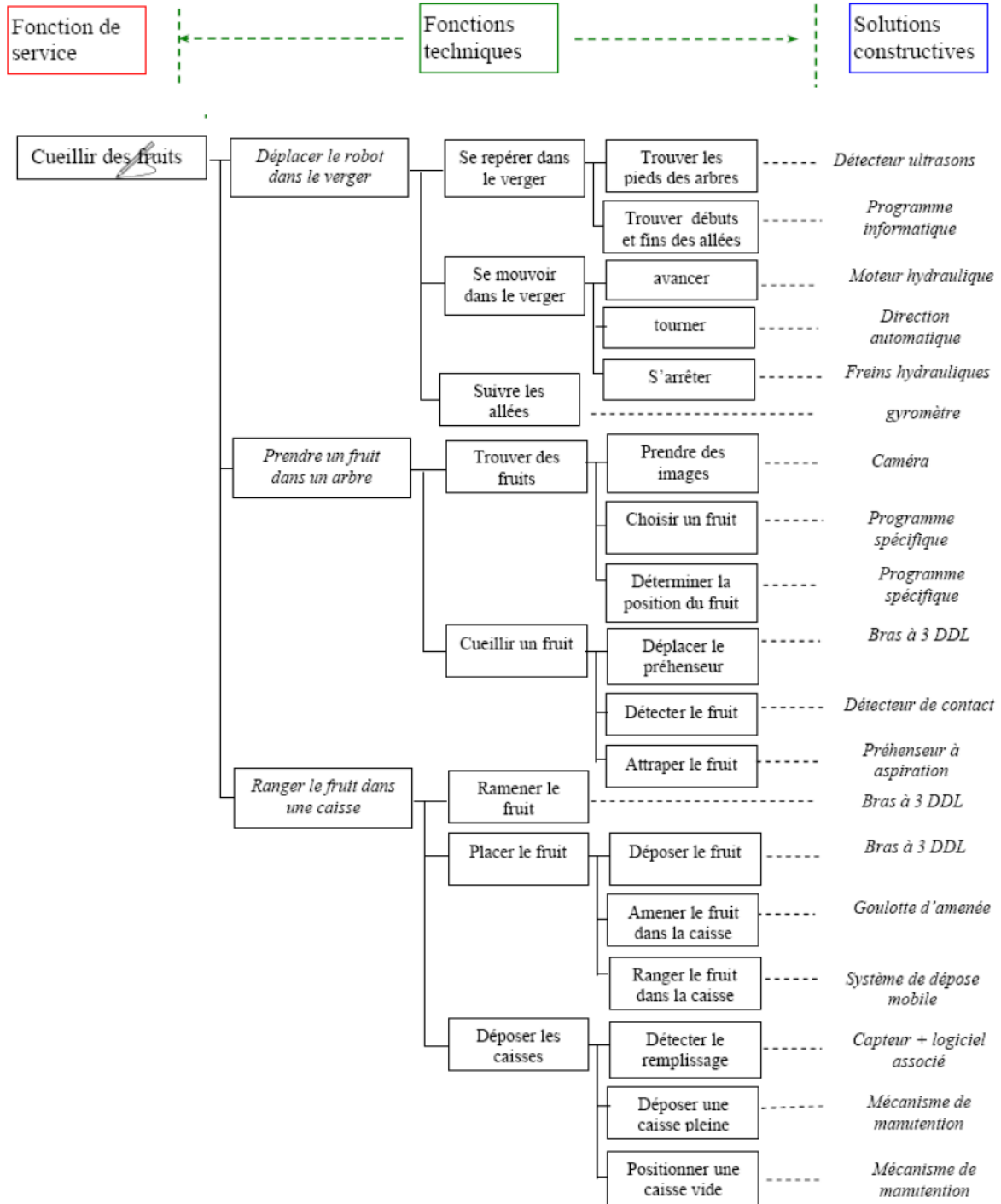


Schéma bloc de l'axe

FAST DU ROBOT DE CUEILLETTE DE FRUITS



Détecteur ultrasons

Programme informatique

Moteur hydraulique

Direction automatique

Freins hydrauliques

gyromètre

Caméra

Programme spécifique

Programme spécifique

Bras à 3 DDL

Détecteur de contact

Préhenseur à aspiration

Bras à 3 DDL

Bras à 3 DDL

Goulotte d'amenée

Système de dépose mobile

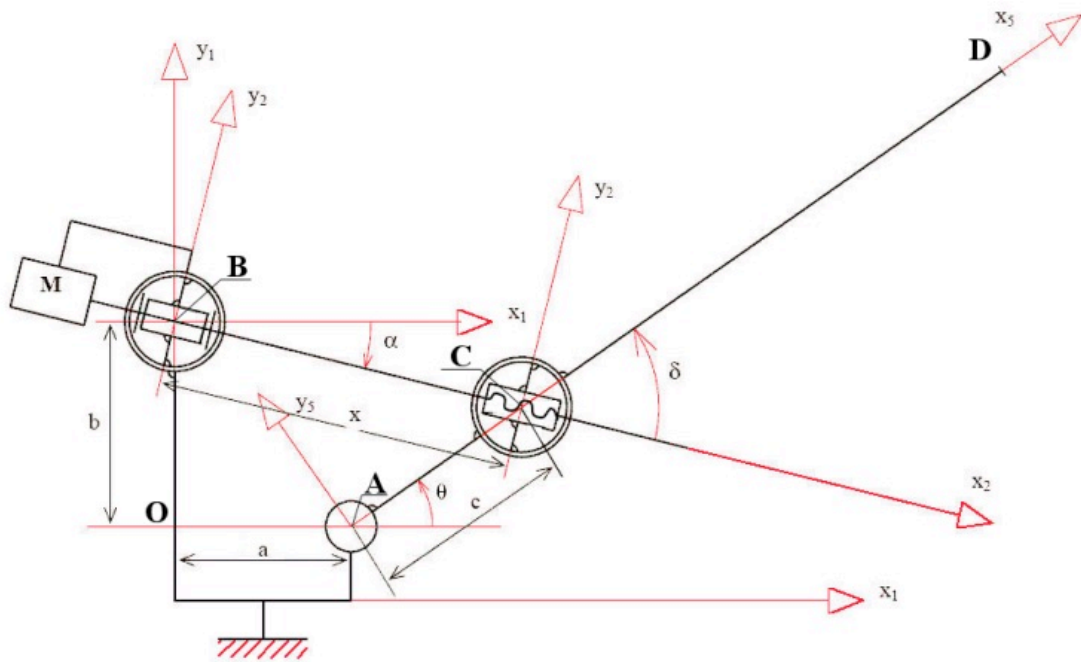
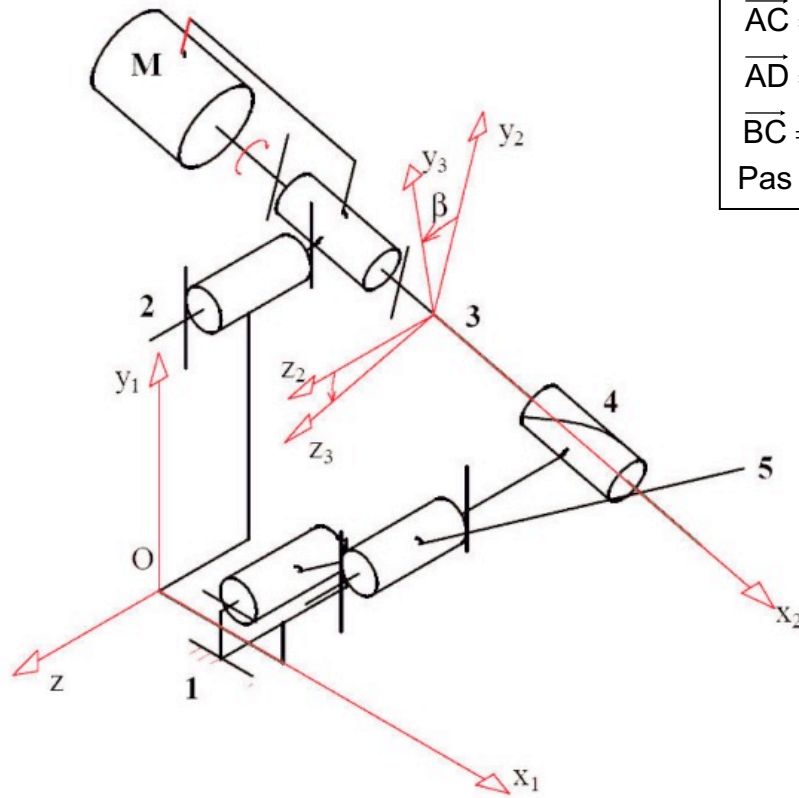
Capteur + logiciel associé

Mécanisme de manutention

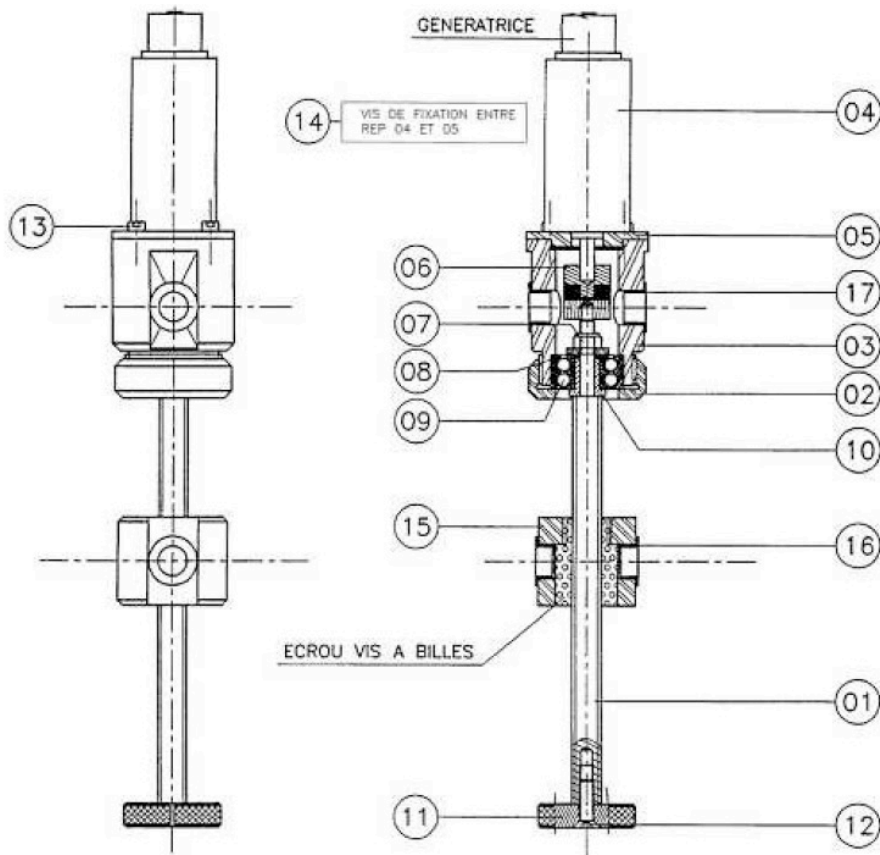
Mécanisme de manutention

ANNEXE 1 : Schéma cinématique du bras Maxpid

$$\begin{aligned} \overline{OA} &= a \cdot \overline{x}_1 ; a = 69,5 \text{ mm} \\ \overline{OB} &= b \cdot \overline{y}_1 ; b = 81 \text{ mm} \\ \overline{AC} &= l \cdot \overline{x}_5 ; l = 82 \text{ mm} \\ \overline{AD} &= L \cdot \overline{x}_5 ; L \text{ à mesurer} \\ \overline{BC} &= x_{(t)} \cdot \overline{x}_2 \\ \text{Pas de la vis} &: p = 4 \text{ mm} \end{aligned}$$



ANNEXE 2 : Moteur et vis à billes



REP	DESIGNATION	NB
1	Vis à billes SHBO 12x4R	1
2	Ecrou support vis à billes	1
3	Support vis à billes	1
4	Moteur Maxon R035 + génératrice tachymétrique	1
5	Bride moteur	1
6	Accouplement HUCO D6-D7	1
7	Ecrou frein	1
8	Rondelle	1
9	Roulement	1
10	Bague vis à billes	1
11	Rondelle vis à billes	1
12	Vis	1
13	Vis	4
14	Vis	3
15	Support écrou	1
16	Bague INA PAF 12 070 P10	2
17	Bague INA 12 090 P10	2

ANNEXE 3 : Joint de Oldham-HUCO



Les Oldham sont des accouplements à 3 pièces, composés de 2 moyeux et d'un disque de transmission de couple. Les moyeux déterminent la méthode d'installation et le mode de fixation, les disques déterminent la qualité de transmission.

Les 4 types de moyeux et les 2 matières de disques qui forment la gamme sont entièrement interchangeables, dans chacune des 9 tailles proposées. Pour profiter de cette souplesse, les moyeux et les disques sont spécifiés et livrés séparément.

Les disques sont des éléments qui peuvent être remplacés à un prix raisonnable, en cas d'usure ou de cassure.

ANNEXE 4 : PID Numérique

Il faut savoir que la commande du système Maxpid n'est pas un asservissement de type continu mais de type dit « **échantillonné** » ; dans ce cas, la commande n'est pas calculée de façon continue, mais par pas de durée T_e (période d'échantillonnage) ; les lignes de l'algorithme suivant sont traitées par le calculateur de façon cyclique par périodes de durée T_e .

L'Algorithme du régulateur P.I.D. numérique fourni par le constructeur du système est :

* **Calcul de l'écart** : $Ecart(t) = Consigne(t) - Mesure(t)$. (Valeurs exprimées en *incrément*s)

* **Action proportionnelle** : $CommandeProportionnelle(t) = Ecart(t) \times K_P$
avec K_P « coefficient proportionnel » : $0 < K_P < 255$ points ;

* **Action intégrale** : $CommandeIntégrale(t) = CommandeIntégrale(t-T_e) + (Ecart(t) \times K_I)$;
avec K_I « coefficient intégral » : $0 < K_I < 255$ points ;

* **Action dérivée** : $CommandeDérivée(t) = \{ Ecart(t) - Ecart(t-T_e) \} \times K_D$
avec K_D « coefficient dérivé » : $0 < K_D < 255$ points

* **Commande numérique (en incréments) envoyée au convertisseur numérique/analogique** :
 $Commande = (3/256) \cdot [CommandeProportionnelle + CommandeIntégrale/4 + CommandeDérivée \times 16]$

Expression de C(p) :

- Action proportionnelle : $\boxed{Com_p(p) = K_p \cdot \varepsilon(p)}$

- Action dérivée : $Com_d(t) = [\varepsilon(t) - \varepsilon(t - T_e)] \cdot K_d$ donc $Com_d(t) = T_e \cdot K_d \cdot \frac{d}{dt}(\varepsilon(t))$

d'où : $\boxed{Com_d(p) = p \cdot T_e \cdot K_d \cdot \varepsilon(p)}$

- action intégrale : $Com_i(t) = Com_i(t - T_e) + K_i \cdot \varepsilon(t)$

$$= Com_i(t - 2T_e) + K_i[\varepsilon(t) + \varepsilon(t - T_e) + \varepsilon(t - 2T_e)]$$

$$= \dots = \frac{K_i}{T_e} [T_e \cdot \varepsilon(t) + T_e \cdot \varepsilon(t - T_e) + T_e \cdot \varepsilon(t - 2T_e) + \dots + T_e \cdot \varepsilon(t_0)] = \frac{K_i}{T_e} \int_{t_0}^t \varepsilon(t) dt$$

d'où $\boxed{Com_i(p) = \frac{K_i}{T_e \cdot p} \varepsilon(p)}$

En définitive :

$$Com(p) = \frac{3}{256} [Com_p(p) + \frac{Com_i(p)}{4} + 16Com_d(p)] = \frac{3}{256} [K_p + \frac{K_i}{4 \cdot T_e \cdot p} + 16K_d \cdot T_e \cdot p] \varepsilon(p)$$

Donc, la commande numérique (en incréments) envoyée au convertisseur numérique/analogique est :

$$\boxed{C(p) = \frac{3}{256} \cdot [K_p + \frac{K_i}{4 \cdot T_e \cdot p} + 16 \cdot K_d \cdot T_e \cdot p]}$$

Remarque : dans les caractéristiques techniques de la carte d'asservissement, on trouve :

Fréquence d'asservissement : 670 Hz

$$\text{Donc : } T_e = \frac{1}{670} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

ANNEXE 5 : Caractéristiques du moteur à courant continu

retour



Mot. Courant Continu

Type Produit RE035G

PAGE 1

41W

97W

MAXON

CARACTERISTIQUES

24V

Tension d'alimentation (Ua)	V	24
Vitesse au courant In	tr/mn	3493
Couple au courant In	mNm	113
Courant max permanent (In)	mA	2150
Vitesse à vide à Ua à +/- 10%	tr/mn	4303
Courant à vide à +/- 50%	mA	92.8
Couple de démarrage à Ua	mNm	611
Courant de démarrage à Ua	mA	11600
Constante de couple	mNm/A	52.5
Constante de vitesse	tr/mn/V	182
Pente vitesse/couple	tr/mn/mNm	7.17
Vitesse limite	tr/mn	8200
Puissance utile max. à Ua	W	69
Rendement maximum	%	85.5
Constante de temps électromécanique	ms	5.23
Inertie	gcm ²	69.6
Résistance aux bornes	Ohm	2.07
Inductivité	mH	0.62
Résistance thermique Boîtier/Ambiant	K/W	6.2
Résistance thermique Rotor/Boîtier	K/W	2



Modification de la tension d'alimentation

24

OK

- PLAN
- GENERALITES
- ACCESSOIRES & OPTIONS
- CARACTERISTIQUES

IMPRIMER

- AJOUTER À MON DOSSIER PROJET
- CONSULTER MON DOSSIER PROJET

retour



Mot. Courant Continu

Type Produit RE035G

PAGE 2

41W

97W

MAXON

GENERALITES

24V

Commutation		Graphite
Nombre de lames au collecteur		13
Paliers		Roulements à billes
Aimants		Terres rares néodym fer bore
Charge axiale maximum (dynamique)	N	5.6
Jeu axial minimum	mm	0.05
Jeu axial maximum	mm	0.15
Charge radiale maximum	N	28
à une distance de la face de :	mm	5
Jeu radial	mm	0.025
Force de chassage maximum (statique)	N	110
Si axe arrière tenu	N	1200
Température ambiante mini de fonctionnement	°C	-20
Température ambiante maxi de fonctionnement	°C	100
Température max. rotor	°C	155
Poids	g	340



- PLAN
- GENERALITES
- ACCESSOIRES & OPTIONS
- CARACTERISTIQUES

IMPRIMER

- AJOUTER À MON DOSSIER PROJET
- CONSULTER MON DOSSIER PROJET

ANNEXE 5 (suite) : Caractéristiques du moteur à courant continu

[retour](#)



Mot. Courant Continu

Type Produit **RE035G**

PAGE 3

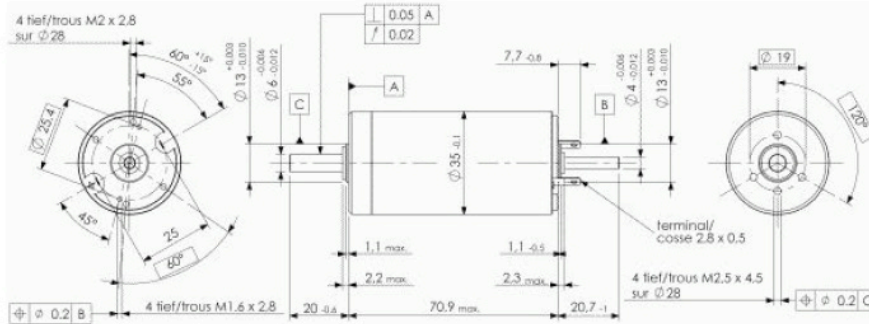
41W

97W

MAXON

PLAN

24V



Enregistrer le fichier DXF sur votre disque dur

PLAN GENERALITES

ACCESSOIRES & OPTIONS

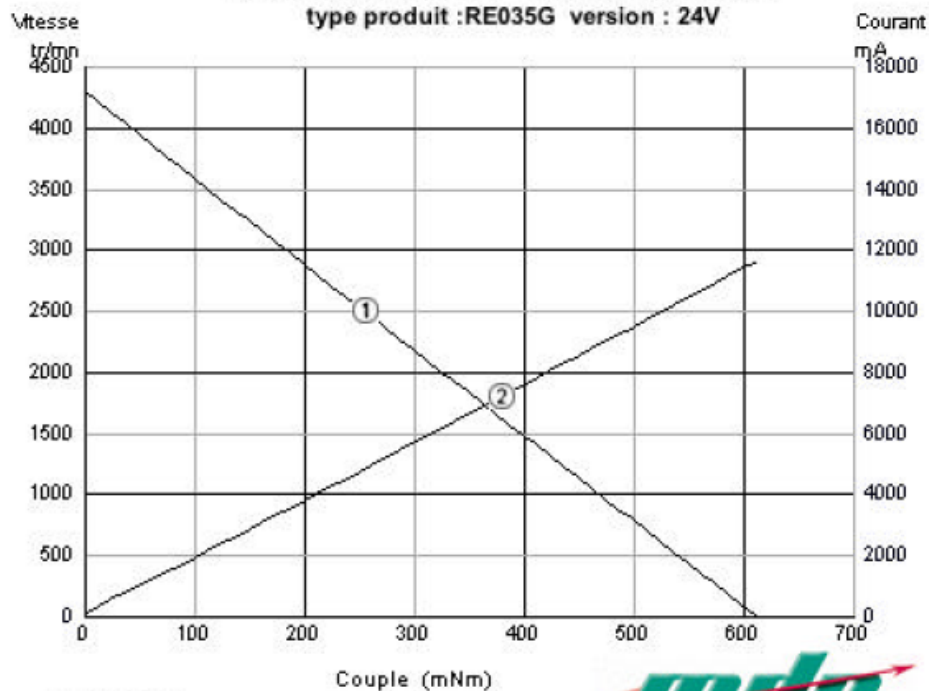
CARACTERISTIQUES

IMPRIMER

AJOUTER À MON DOSSIER PROJET

CONSULTER MON DOSSIER PROJET

Mot. Courant Continu Fournisseur : MAXON
type produit : RE035G version : 24V



LEGENDES

- Courbe 1 Vitesse (tr/mn)
- Courbe 2 Courant (mA)



IMPRIMER

ANNEXE 6 : Caractéristiques de la génératrice tachymétrique

[retour](#)



Génératrices

Type Produit **2822**

PAGE 1

MAXON

CARACTERISTIQUES

0,52/1000

Tension de sortie	V/1000tr/	0,52
Resistance du rotor	mn	57
Taux d'ondulation	Ohm	6
Linéarité +/-	%	0,7
Courant maximum conseillé	%	10
Impédance nominale de charge	mA	10
Tolérance sur tension de sortie +/-	Kohm	15
Coefficient de température	%	0,4
Commutation	%/°C	Métal
Aimant		AiNiCo
Nombre de lames au collecteur		7
Température minimum d'utilisation		-20
Température maximum d'utilisation	°C	65
Inertie	°C	3
	gcm ²	



Cette génératrice à faible inertie avec commutation en métaux précieux est l'accessoire indispensable pour l'affichage ou la copie de la vitesse dans une boucle d'asservissement. A préférer à l'utilisation d'un codeur dans des applications motorisées à basse vitesse, cette génératrice ne peut être associée aux moteurs REB25CLL, REB25G et REB35G que lors de la fabrication.

[+ PLAN](#)

[- CARACTERISTIQUES](#)

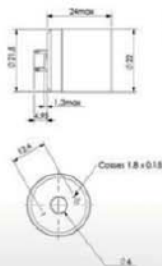
[IMPRIMER](#)

[+ AJOUTER À MON DOSSIER PROJET](#)

[+ CONSULTER MON DOSSIER PROJET](#)

GÉNÉRATRICE 2822

↳ Génératrice à faible inertie pour les boucles d'asservissement
↳ Adaptée aux applications à basse vitesse

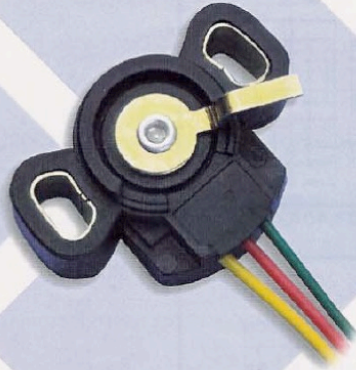


Tension de sortie	V/1000tr/mn	0,52
Resistance du rotor	Ohm	57
Taux d'ondulation	%	6
Linéarité +/-	%	0,7
Courant maximum conseillé	mA	10
Impédance nominale de charge	Kohm	10
Tolérance sur tension de sortie +/-	%	15
Coefficient de température	%/°C	0,4
Commutation		Métal
Aimant		AiNiCo
Nombre de lames au collecteur		7
Température minimum d'utilisation	°C	-20
Température maximum d'utilisation	°C	65
Inertie	gcm ²	3

ANNEXE 7 : Caractéristiques du capteur de position angulaire



PMR A LEVIER



CAPTEURS DE DEPLACEMENT ANALOGIQUES POUR APPLICATIONS AUTOMOBILES

- Technologie potentiomètre à piste plastique
- Utilisation en compartiment moteur
- Entraînement par levier avec ressort de rappel
- Sorties par fils

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES

Course électrique :	$94^\circ \pm 2^\circ$
Linéarité pondérée :	$\pm 1,5 \%$
Résistance totale :	$3,85 \text{ k}\Omega \pm 20 \%$
Puissance dissipée à $+40^\circ\text{C}$:	$0,5 \text{ W}$
à $+125^\circ\text{C}$:	$0,05 \text{ W}$
Résistance de limitation du courant curseur (Rp) :	$1,7 \text{ k}\Omega \pm 20 \%$
Courant curseur conseillé :	$< 100 \mu\text{A}$
Courant curseur max :	15 mA pendant 1 minute
Régularité de la tension de sortie :	$< 0,1 \%$ (NFC 93 255)
Impédance de charge recommandée :	$\geq 100 \text{ Rn}$

CARACTERISTIQUES MECANIQUES

Course mécanique :	$125^\circ \pm 4^\circ$
Couple de rappel du levier en début de course :	$\geq 1 \text{ N.cm}$
Couple de rappel du levier en fin de course :	$\leq 10 \text{ N.cm}$
Couple de butée :	60 N.cm
Rappel du levier :	sens anti-horaire
Couple de serrage des vis de fixation :	$2,3 \text{ N.m max}$

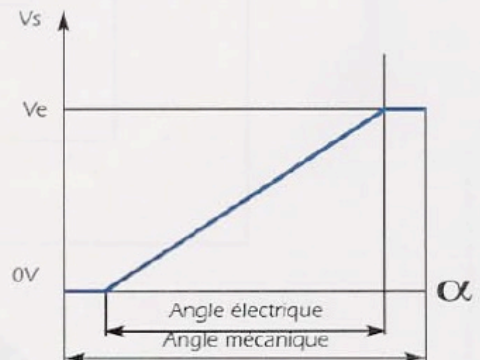
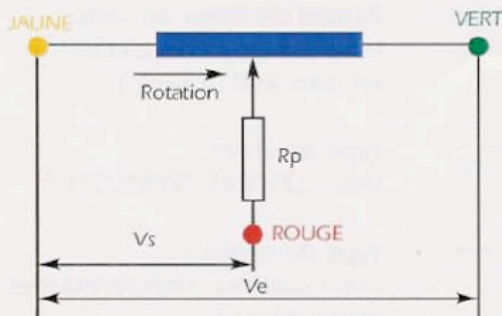
ENVIRONNEMENT

Températures limites d'emploi :	-40°C à $+125^\circ\text{C}$
Températures limites de stockage :	-55°C à $+135^\circ\text{C}$
Vibrations :	sévérité 10-2000 Hz 10mm ou 50g
Utilisation en compartiment moteur :	
Durée de vie et indice de protection :	voir tableau
Micro-déplacements : (dither stroke)	$> 200 \cdot 10^6$ cycles

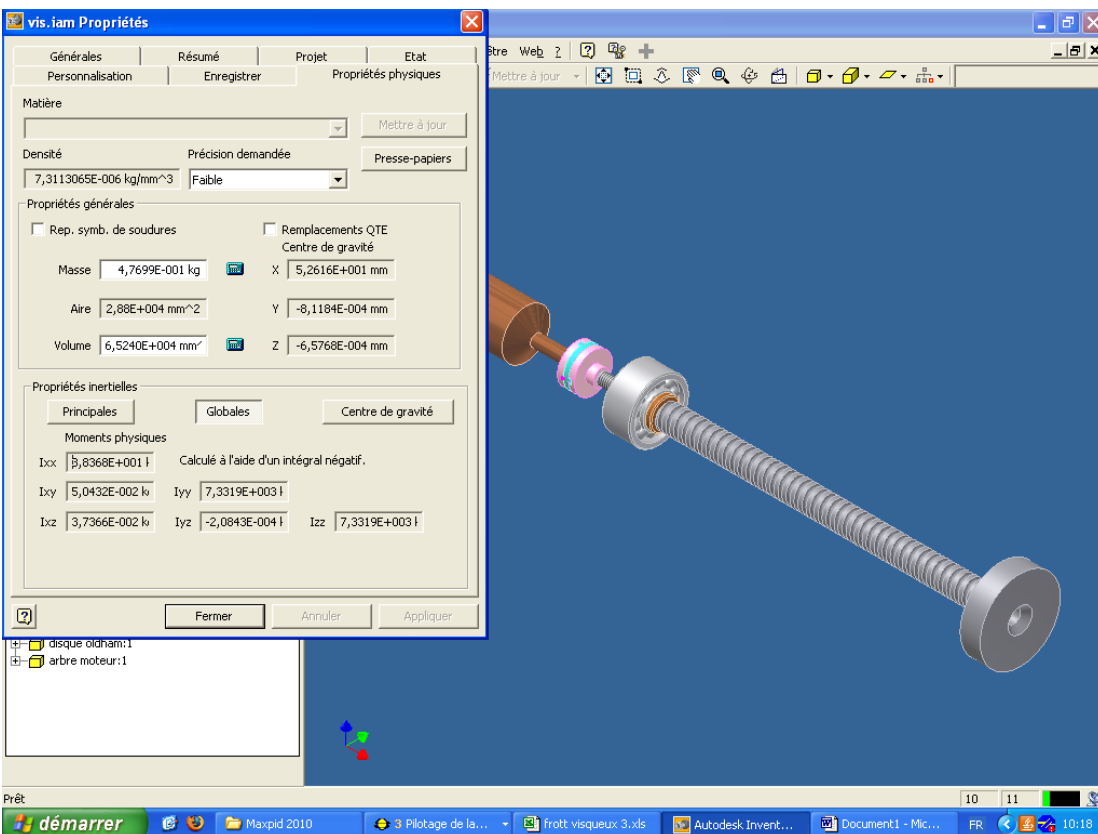
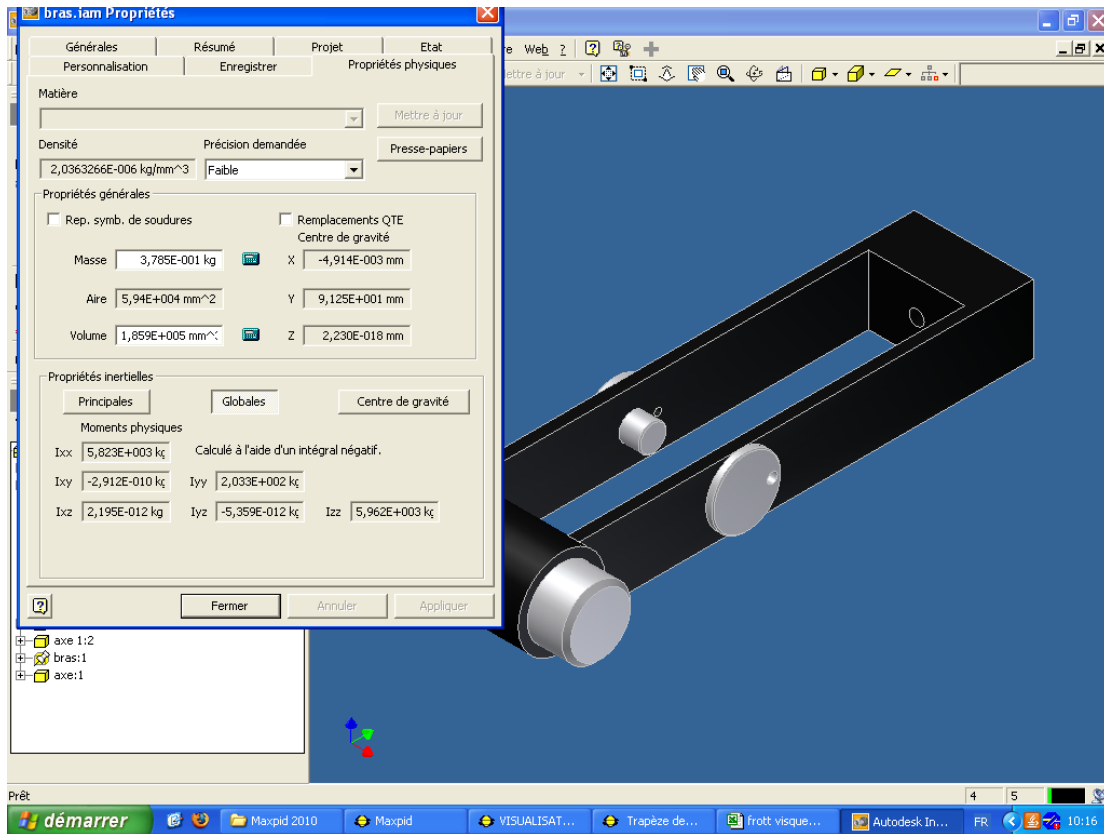
CONNECTIQUE

Sorties par fils - -40°C $+105^\circ\text{C}$ (3x 0,93mm² longueur 300mm)
Sorties par fils gainés - -40°C $+125^\circ\text{C}$ sur option

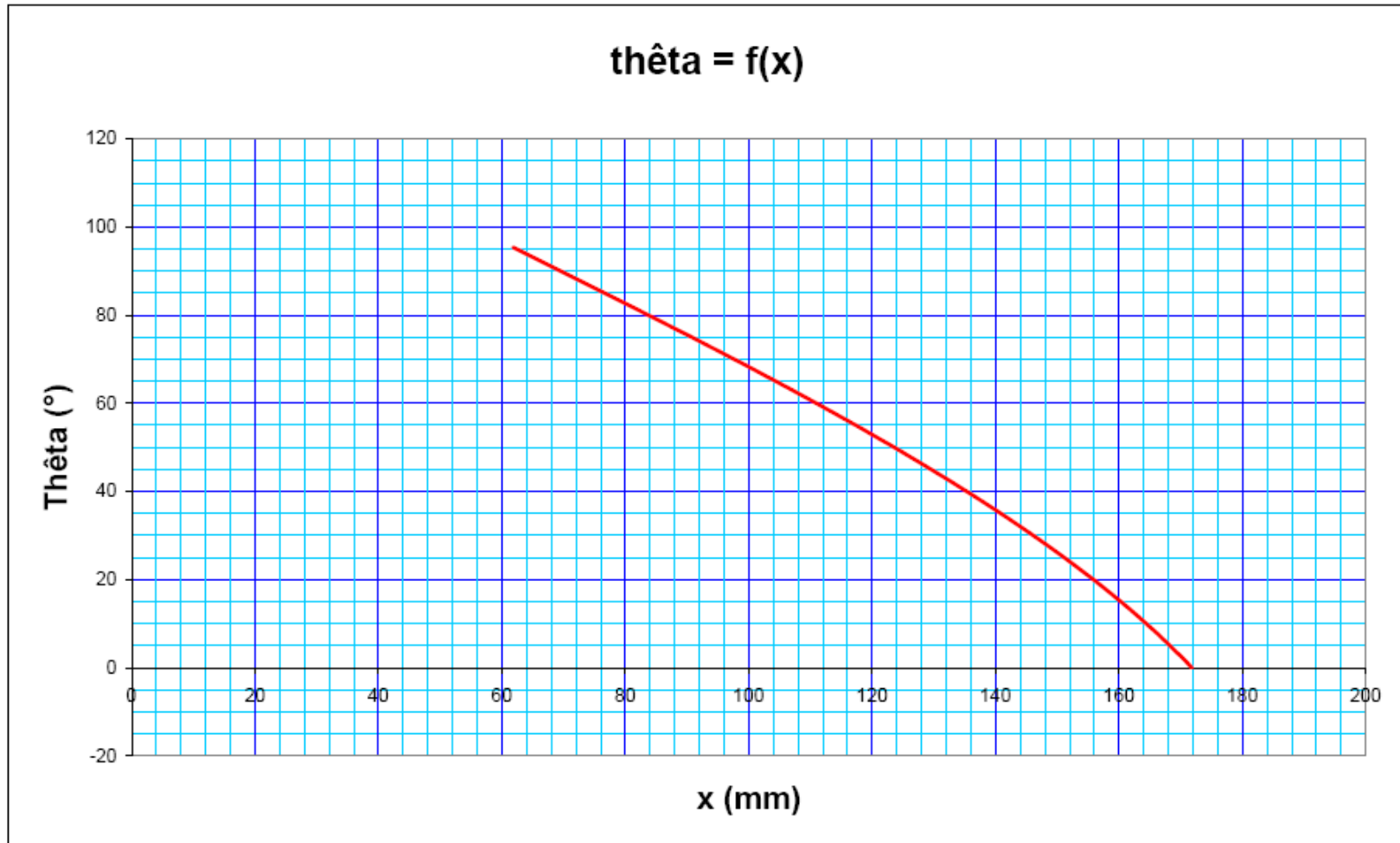
SCHEMA ELECTRIQUE



ANNEXE 8 : Caractéristiques d'inertie du bras et de l'axe moteur (document Inventor : l'axe rouge est l'axe des x)

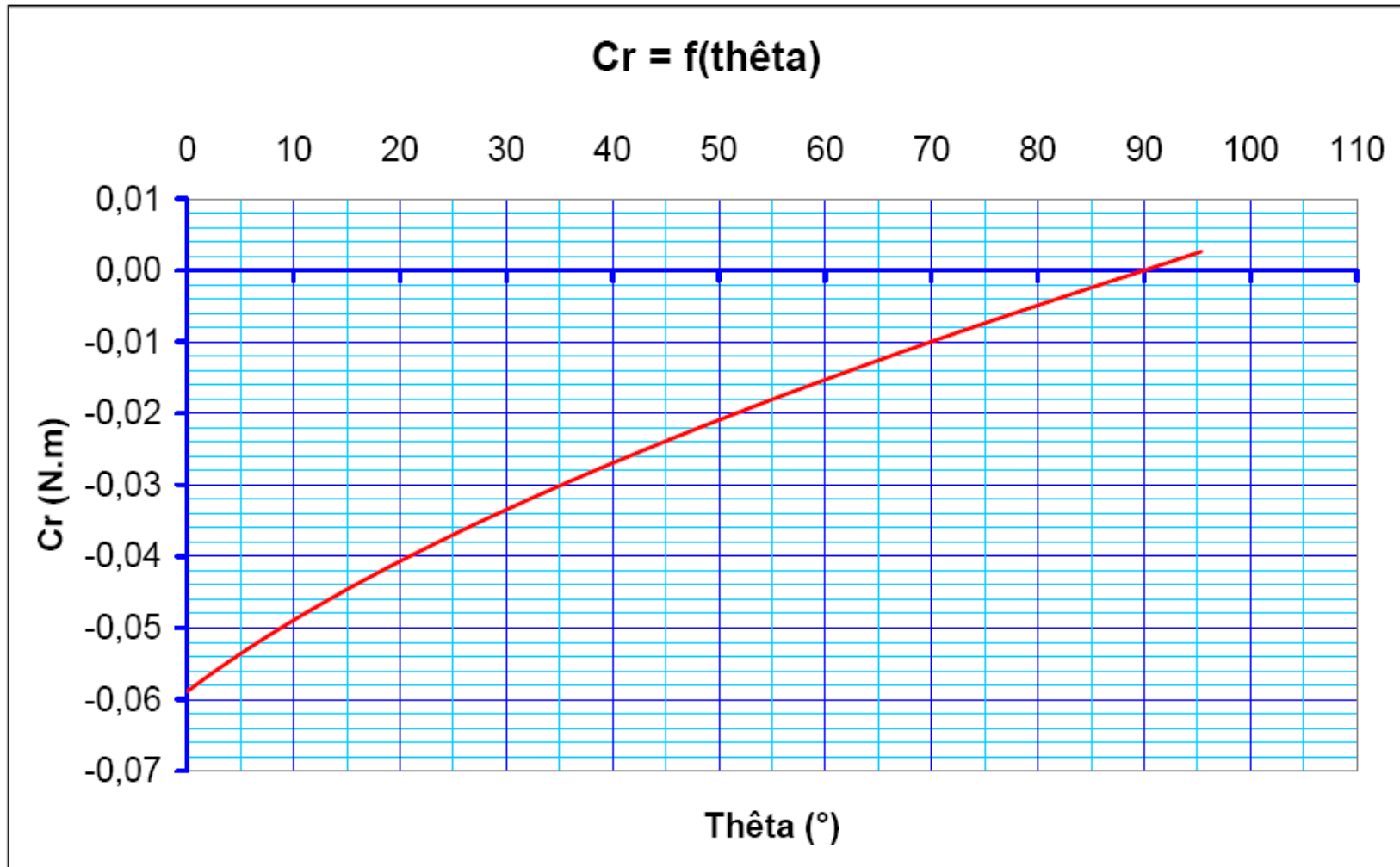


ANNEXE 9 : Courbe représentative de la variation de $x_{(t)}$ en fonction de $\theta_{(t)}$

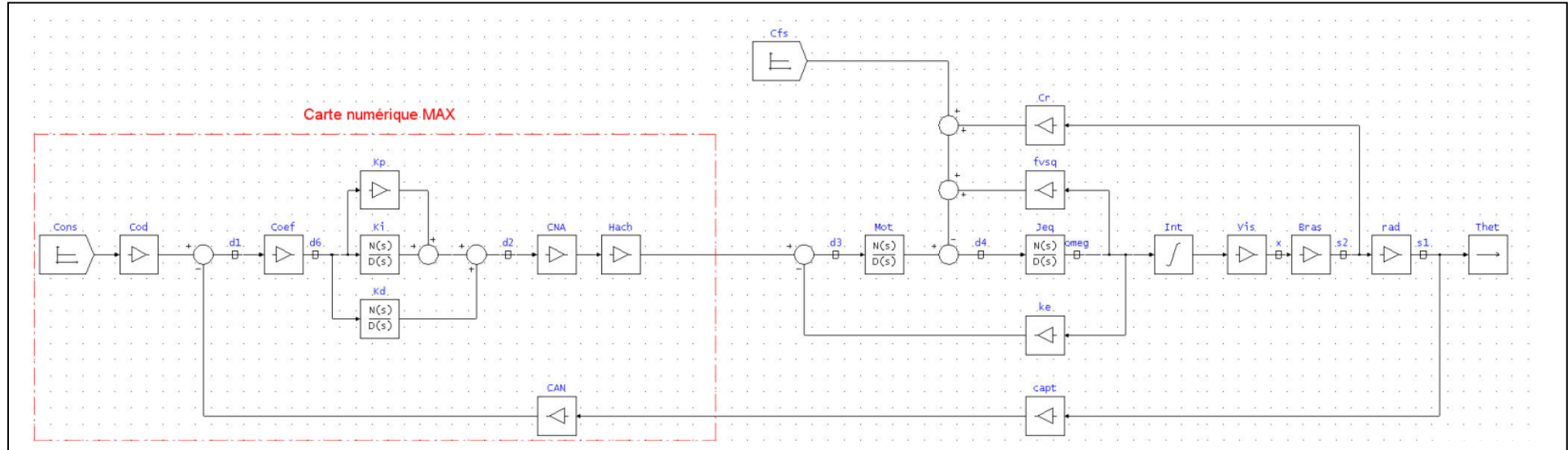


(°)

ANNEXE 10 : Courbe représentative de la variation de $Cr_{(t)}$ en fonction de $\theta_{rad(t)}$



ANNEXE 11 : SCHEMA BLOC DE L'AXE MAXPID



Cons : Consigne en degrés

Cod : Coefficient du codeur

$$\mathbf{Coef} : \frac{3}{256} = 0,01172$$

$$\mathbf{CNA} : \frac{1}{256} = 3,9 \cdot 10^{-3}$$

Hach : $0,9 \cdot 24 = 21,6$

CAN : convertisseur analogique/numérique

Capt : Coef^f du potentiomètre

$$\mathbf{Mot} : \frac{K_m}{1 + T_m \cdot p}$$

$$\mathbf{J_{\acute{e}q}} : \frac{1}{J_{\acute{e}q} \cdot p}$$

Int : A chercher

Vis : Vis/écrou

Bras : Polygone déformable

rad : Coef^f de conversion radian → degré

fvisq : coefficient de frottement visqueux

Cr : Coef^f du couple du aux 2 masses

Cfs : Couple de frottement sec

Thet : Angle de sortie (en degrés)