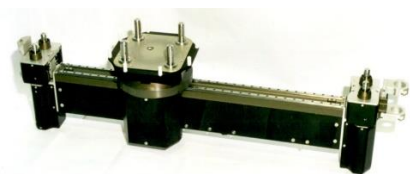


## BRAS BETA

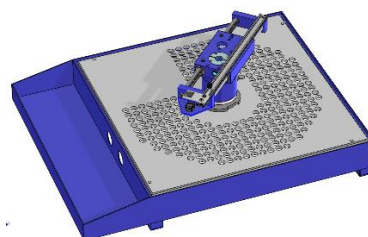
## DOCUMENTS RESSOURCES



Bras Beta en situation



Bras Beta de laboratoire



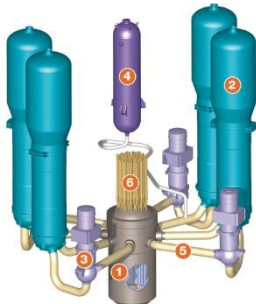
Bras beta – Modèle volumique

### TABLE DES MATIERES

Fiche 1	Présentation Générale .....	2
Fiche 2	Mise En service du Bras Beta .....	4
	Allumage.....	4
	Initialisation du bras .....	4
	Mise en mouvement .....	4
Fiche 3	Réalisation d'une mesure .....	4
	Mesure en BF – Inspection .....	4
	Identification en BO.....	5
Fiche 4	Ingénierie Systèmes .....	6
Fiche 5	Composants du Système.....	8
	Axe de translation T.....	8
	Axe de rotation R.....	9
	Chaînes d'information .....	10
	Signaux observables .....	11

# Fiche 1 PRESENTATION GENERALE

Le Bras BETA est un robot qui intervient en milieu hostile (contamination et irradiation) dans une centrale nucléaire type REP (Réacteur à Eau Pressurisée) pour positionner, au droit des tubes d'un générateur de vapeur, une sonde de contrôle par courant de Foucault.



① **Cuve de réacteur et internes de cuve** : enceinte métallique étanche de forte épaisseur en acier renfermant le cœur du réacteur : les assemblages combustibles.

② **Générateurs de Vapeur (GV)** : assurent le transfert de chaleur de l'eau du circuit primaire à l'eau du circuit secondaire, la transformant ainsi en vapeur qui entraîne une turbine couplée à un alternateur.

③ **Groupes MotoPompes Primaires (GMPP)** : participent à la sûreté de l'installation en permettant la circulation de l'eau primaire à travers le cœur du réacteur et les générateurs de vapeur.

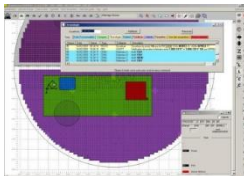
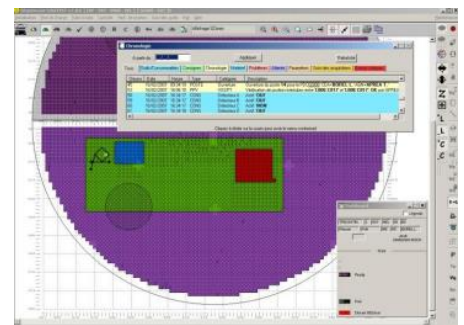
④ **Pressuriseur** : maintient l'eau du circuit primaire en phase liquide grâce à une pression de 155 bars.

⑤ **Tuyauteries primaires** : assurent le transfert de l'eau entre la cuve et les générateurs de vapeur.

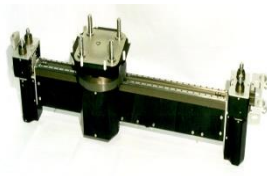
⑥ **Mécanismes de Commande de Grappes (MCG)** : permettent de réguler la réaction nucléaire dans la cuve du réacteur et de la stopper en 2 secondes, assurant ainsi la sûreté de la centrale.

Le système de contrôle est composé :

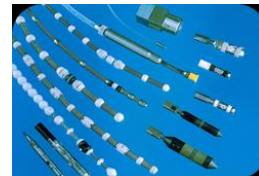
- ① d'un superviseur, chargé d'établir le déroulement du plan de contrôle, de piloter le tireur pousseur qui propulse la sonde de contrôle dans les tubes et de piloter la chaîne d'acquisition des signaux émis par la sonde de contrôle ;
- ② d'un robot de positionnement du guide sonde (Bras BETA) et son contrôle commande ;
- ③ d'une sonde de contrôle montée sur une gaine ;
- ④ d'un « tireur/pousseur » et son contrôle commande ;
- d'une chaîne d'acquisition.



①



②



③



④

Le système de contrôle doit satisfaire à minima les exigences suivantes du cahier des charges.

**Le Bras BETA doit :**

- pouvoir intervenir dans la boîte à eau d'un Générateur de Vapeur sans introduction humaine ;
- positionner une sonde de contrôle le plus rapidement possible au droit des tubes d'un générateur de vapeur avec une précision de  $\pm 0,5$  mm ;
- s'adapter aux différentes géométries des générateurs de vapeur
- être le plus étanche possible pour éviter une contamination au contact des matériels irradiés ;
- respecter un temps de déplacement tube à tube : inférieur à 4 s entre 2 tubes voisins ;
- temps de déplacement entre 2 positions d'accrochage de la platine : inférieur à 1 s entre 2 positions voisines ;
- flèche sous charge : inférieure à 0,5 mm.

**Le système de contrôle doit :**

- respecter la cadence de contrôle imposée par le cahier des charges ;
- vérifier périodiquement de la position du robot, afin d'éviter une erreur de positionnement qui conduirait à contrôler un mauvais tube ;
- vérifier la qualité des signaux avant le déplacement du robot ;

- minimiser les déplacements du Bras BETA.

## Fiche 2 MISE EN SERVICE DU BRAS BETA

### Allumage

- Mettre le bras beta sous tension en utilisant le bouton sur le coté gauche du système.
- Déverrouiller éventuellement le bout d'arrêt d'urgence.
- Presser le bouton armement.



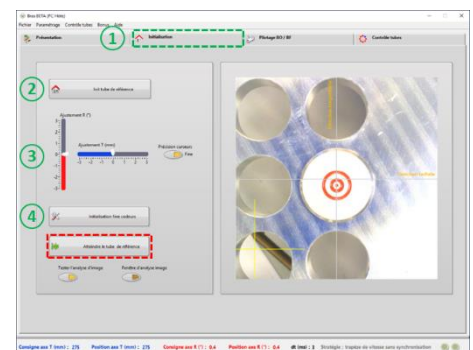
- Ouvrir le logiciel Bras Beta
- Confirmer que l'ordinateur est relié au Bras Beta.



**En cas de problème, faire appel au professeur.**

### Initialisation du bras

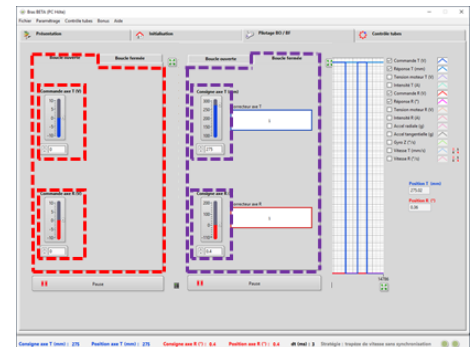
1. Ouvrir l'onglet initialisation.
2. Cliquer sur le bouton Init tube de référence (le bras se met en mouvement).
3. En utilisant les réticules « Ajustement R » et « Ajustement T », placer le réticule au centre de la cible (modifier si besoin l'amplitude des règles en utilisant le bouton « Précision curseurs »).
4. Cliquer sur « Initialisation fine codeurs » pour valider l'initialisation du bras.



**Le bouton « Atteindre le tube de référence » permet au bras de se remettre en position initiale.**

### Mise en mouvement

- Ouvrir l'onglet « Pilotage BO/BF ».
  - Dans l'onglet « **Boucle ouverte** », observer le comportement du système lorsqu'on modifie le positionnement des curseurs
    - Remettre les curseurs à 0 lorsque vous avez fini vos essais
  - Dans l'onglet « **Boucle fermée** », observer le comportement du système lorsqu'on modifie le positionnement des curseurs.

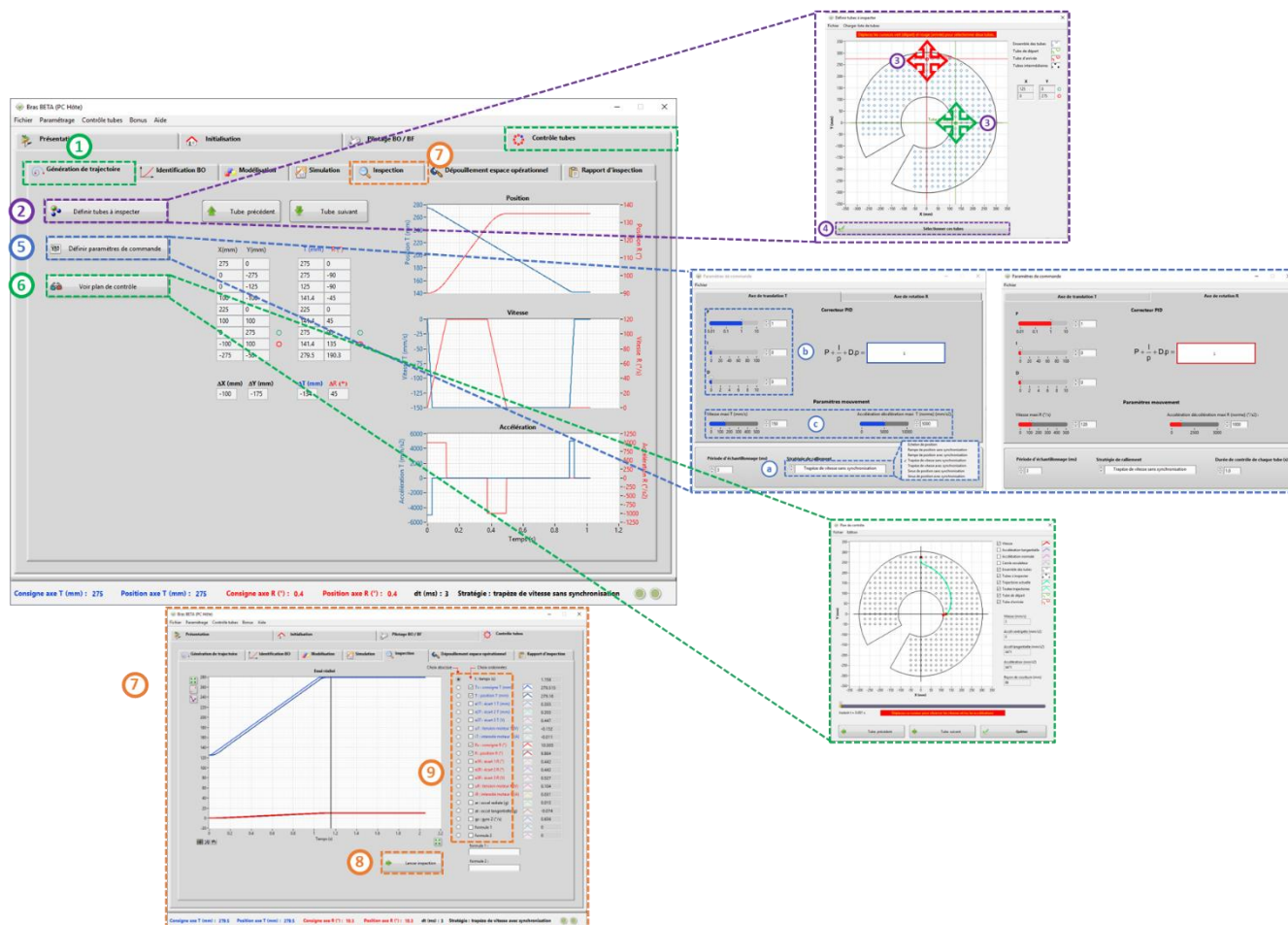


## Fiche 3 REALISATION D'UNE MESURE

### Mesure en BF – Inspection

1. Ouvrir l'onglet Contrôles tubes ➡ Génération de trajectoire.
2. Définir tubes à inspecter.
3. Choisir avec les curseurs le tube départ et le tube d'arrivée.
4. Valider en cliquant sur « Sélectionner ces tubes ».
  - a. Les graphes « Position », « Vitesse », « Accélération » indiquent les mouvements sur les deux axes.
5. Définir les paramètres de commande
  - a. Choisir la stratégie de ralliement suivant le cas choisi.
  - b. Modifier les correcteurs des différents axes si nécessaires.
  - c. Modifier les vitesses et accélérations maximales de chacun des axes, si nécessaire.
6. Le bouton « Voir le plan de contrôle » permet de visualiser le déplacement de l'effecteur en modifiant le curseur d'instant. Ce curseur est synchronisé avec les graphes de position, vitesse et accélération.

7. Ouvrir l'onglet « Inspection ».
8. Cliquer sur Lancer l'inspection.
9. Visualiser les courbes souhaitées.



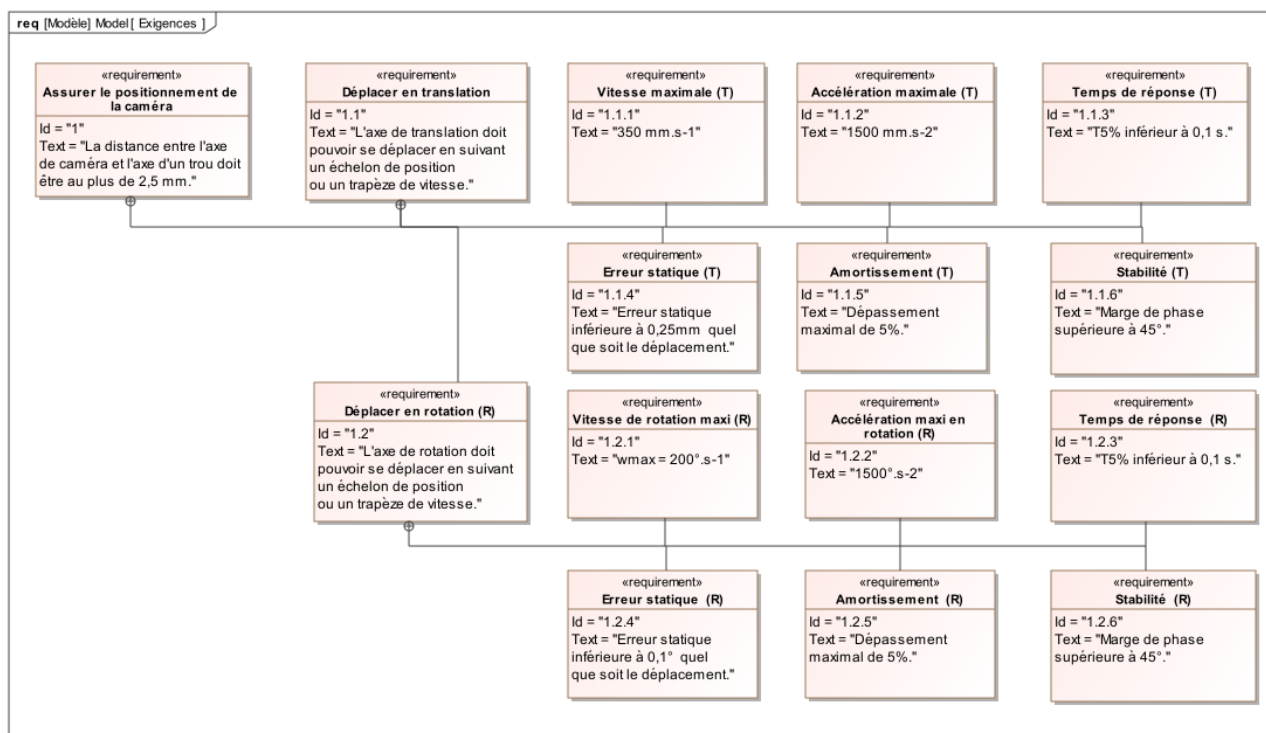
## Identification en BO

Les variables affichables par le logiciel d'acquisition sont :

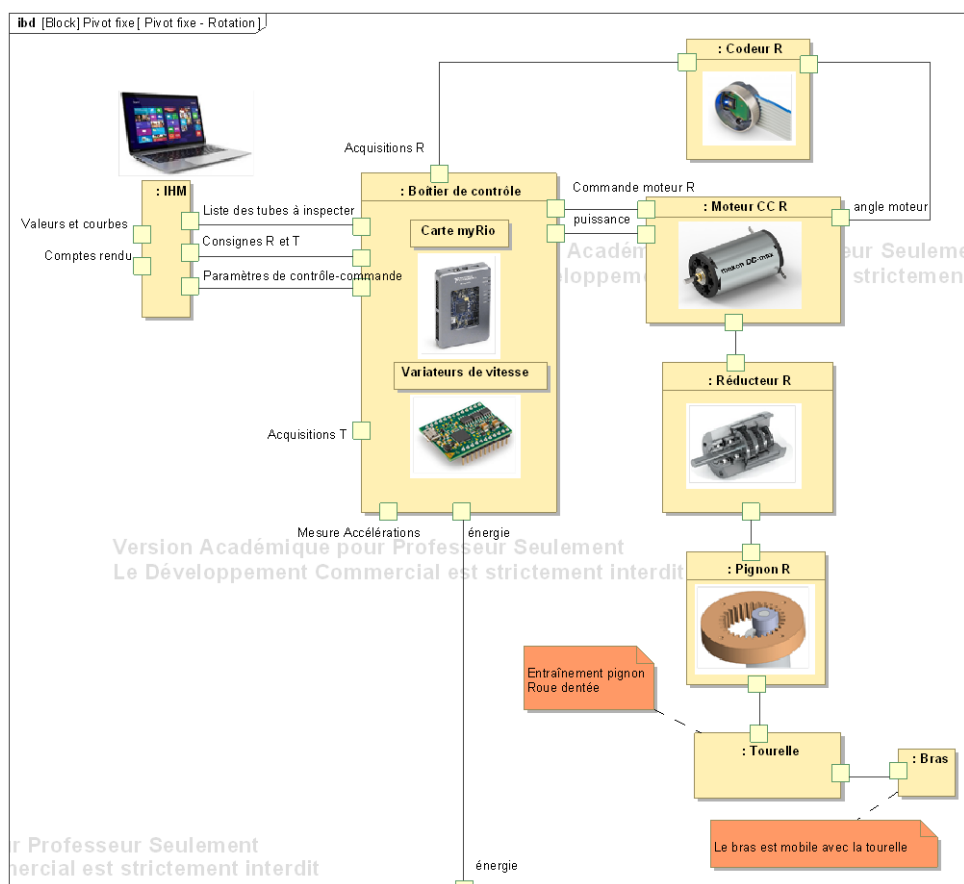
- commande T (V) ;
- position T (mm) ;
- vitesse T (mm/s) ;
- eps3 T (V), voir synoptique ;
- tension T (V) ;
- intensité T (A) ;
- commande R (V) ;
- position R (°) ;
- vitesse R (°/s) ;
- eps3 R (V), voir synoptique ;
- tension R (V) ;
- intensité R (A) .

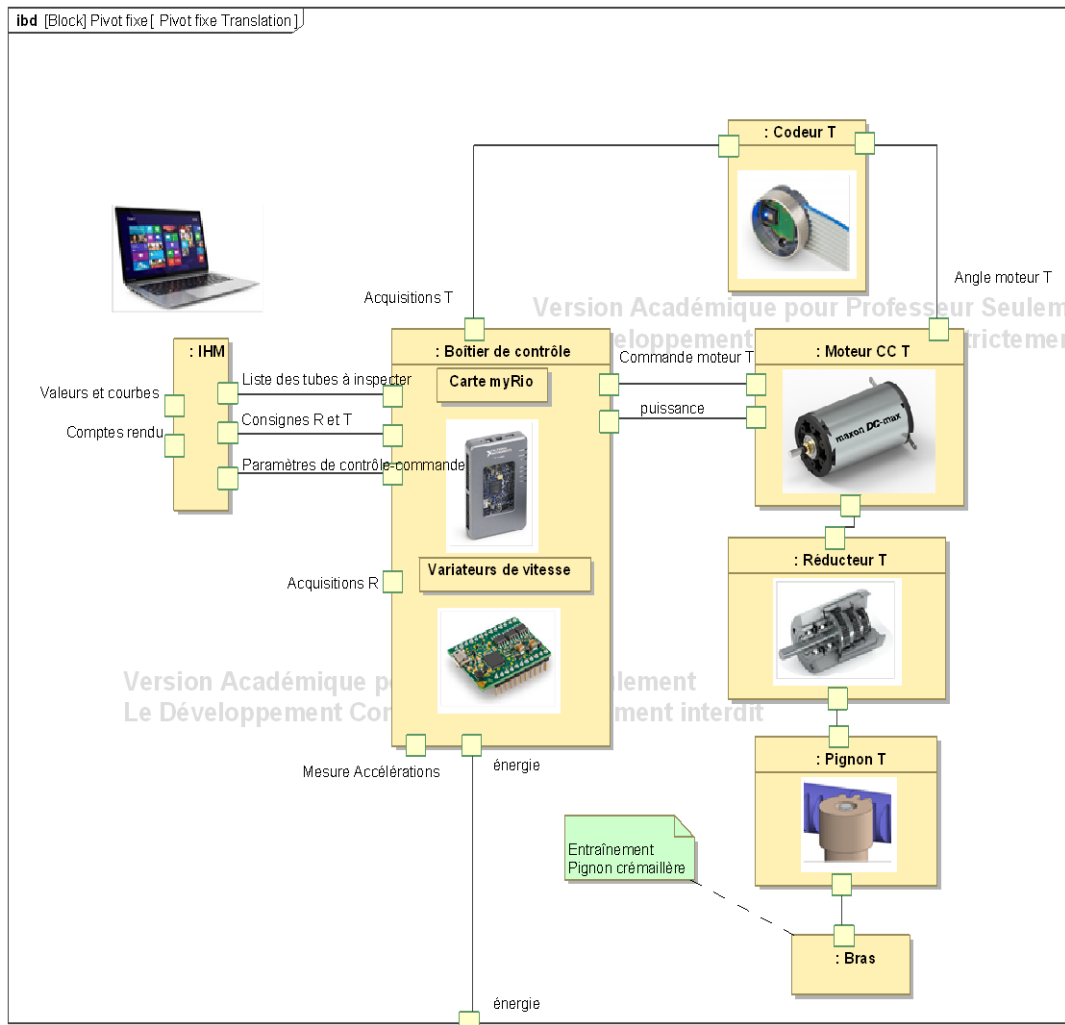
## Fiche 4 INGENIERIE SYSTEMES

### Diagramme des exigences partiel



### Diagramme de blocs interne











## Performances dynamiques

	Axe de rotation R	Axe de translation T
Course		
Vitesse maximale		8100 tr/min
Couple nominal		$26,6 \cdot 10^{-3}$ N.m
Courant maximal		1,5 A
Transmission	Train épicycloïdal : 371250/3610 Réducteur : 12/30	Train épicycloïdal : 4950/190 Pignon – Crémaillère : $R_p = 12$ mm
Vitesse maximale en déplacement	$200^\circ \cdot s^{-1}$	$350 \text{ mm} \cdot s^{-1}$
Accélération maximale en déplacement	$1500^\circ \cdot s^{-1}$	$200^\circ \cdot s^{-1}$

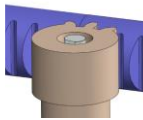
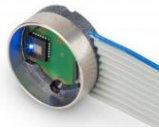
## Fiche 5 COMPOSANTS DU SYSTEME

	DESIGNATION	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES
1	Alimentation axe R et T 	Alimentation de puissance à découpage 100 W, 24 V




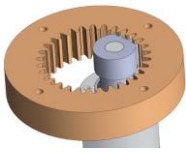
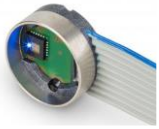
### Axe de translation T

	DESIGNATION	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES
2	Variateur axe T 	Gain pur réglé à la valeur $B_T = 1.6$ Saturation du courant réglée à 1.5 A
3	Moteur à courant continu axe T 	Puissance nominale 22 W Tension nominale : 24 V Intensité nominale : 1.08 A Vitesse nominale : 8100 tr/min Couple nominal : $26,6 \cdot 10^{-3}$ N.m
4	Réducteur axe T 	<b>Réducteur à train épicycloïdal à deux étages</b> Réduction de rapport $i_T = 4950/190$ ( $\approx 26$ )
5	Pignon crémaillère axe T	Pignon-crémaillère. Pignon de $Z_T = 12$ dents, module 2.






		Rayon primitif $R_P$ du pignon : $R_P = \dots$
6	Codeur incrémental axe T 	Technologie à effet Hall  Gain du codeur incrémental : $C_T = \frac{m_T(t)}{\theta_T(t)}$ (incréments/rad)  1024 points par tour (1024 points par tour décodé en $\times 4$ par la carte de commande soit 4096 incréments par tour)

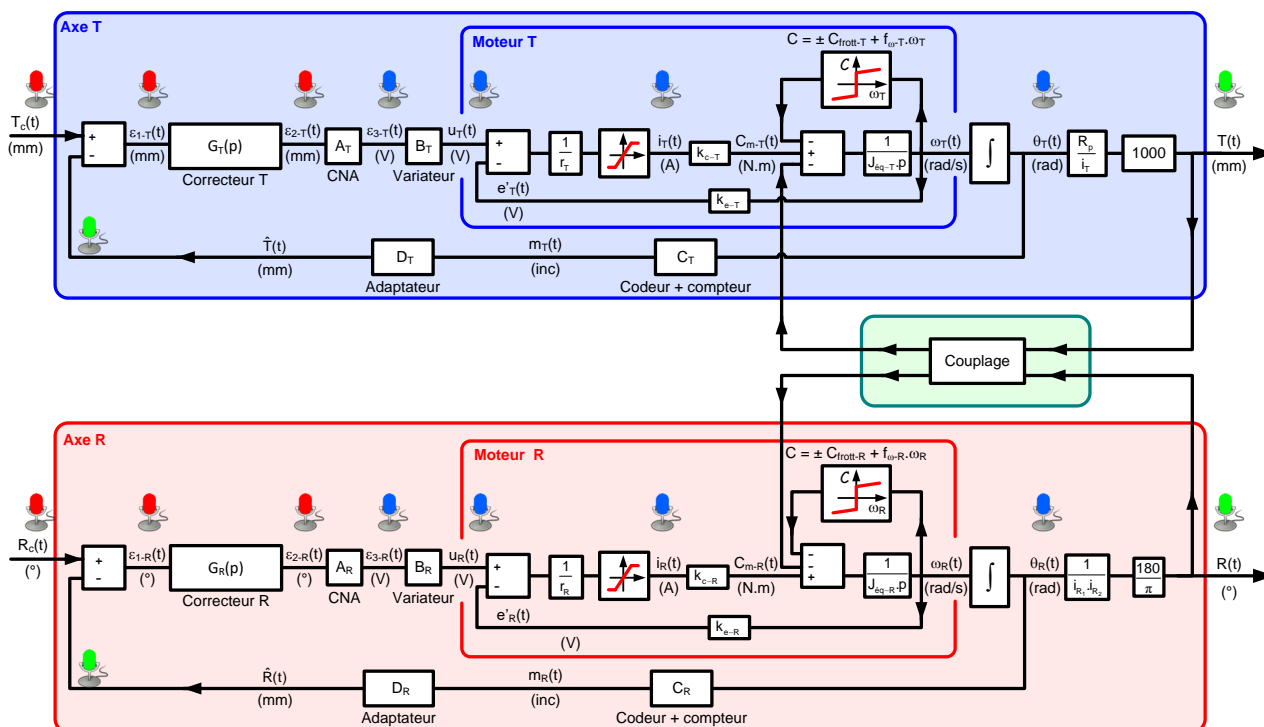
## Axe de rotation R

	DESIGNATION	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES
7	Variateur axe R 	Gain pur réglé à la valeur $B_R = 1.6$  Saturation du courant réglée à 1.5 A
8	Moteur à courant continu axe R 	Puissance nominale 22 W Tension nominale : 24 V Intensité nominale : 1.08 A Vitesse nominale : 8100 tr/min Couple nominal : $26.6 \cdot 10^{-3}$ N.m
9	Réducteur axe R 	<b>Réducteur à train épicycloïdal à trois étages</b>  Réduction de rapport $i_{R1} = 371250/3610 (\approx 103)$
10	Réducteur axe R 	Réducteur à train simple $Z_{entrée} = 12$ dents $Z_{sortie} = 30$ dents Réduction de rapport $i_{R2} =$
11	Codeur incrémental axe R 	Technologie à effet Hall  Gain du codeur incrémental : $C_R = \frac{m_R(t)}{\theta_R(t)}$ (incréments/rad)  1024 points par tour  (1024 points par tour décodé en $\times 4$ par la carte de commande soit 4096 incréments par tour)

## Chaînes d'information

	DESIGNATION	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES
12	<p>Ordinateur</p> 	<p>Fait fonction d'IHM et de générateur de consigne</p>
13	<p>Carte de commande T et R</p> 	<p>Fait fonction de carte de contrôle-commande</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fonction de transfert des correcteurs :  <math display="block">G_T(p) = \frac{\varepsilon_{2-T}(p)}{\varepsilon_{1-T}(p)} \text{ et } G_R(p) = \frac{\varepsilon_{2-R}(p)}{\varepsilon_{1-R}(p)}</math> </li> <li>Gain des adaptateurs de la chaîne de retour :  <math display="block">D_T = \frac{T(t)}{m_T(t)} \text{ (mm/inc) et } D_R = \frac{R(t)}{m_R(t)} \text{ (mm/inc)}</math> </li> <li>Convertisseur numérique analogique (CNA)  Axe T : un mm (dans l'ordinateur, nombre en fait sans dimension) est converti en un volt (en sortie de carte)  Axe R : un degré (dans l'ordinateur, nombre en fait sans dimension) est converti en un volt (en sortie de carte)  <math display="block">\varepsilon_{3-T}(t) = \varepsilon_{2-T}(t) \text{ si } \varepsilon_{2-T}(t) \in [-10V, +10V] \text{ sinon saturation à } \pm 10V</math> <math display="block">\varepsilon_{3-R}(t) = \varepsilon_{2-R}(t) \text{ si } \varepsilon_{2-R}(t) \in [-10V, +10V] \text{ sinon saturation à } \pm 10V</math> </li> <li>Compteur : sans dynamique</li> </ul>
	<p>Camera industrielle IDS uEye XS</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capteur CMOS de 5 Méga pixels</li> <li>Résolution jusqu'à 2592 × 1944 en VGA</li> <li>Fréquence d'acquisition jusqu'à 15 fps en JPEG.</li> </ul>

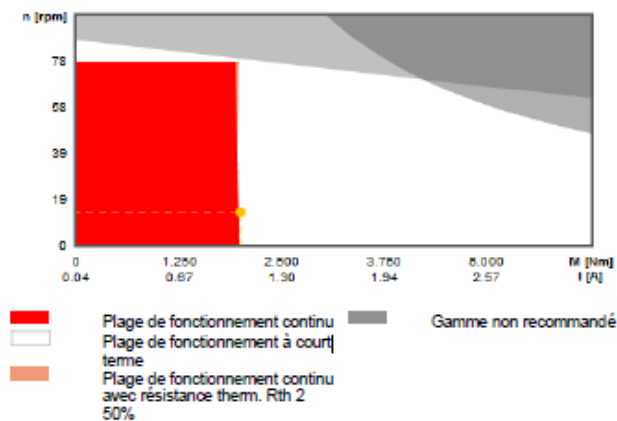
## Signaux observables



### Signaux observables dans le programme "Bras BETA (PC hôte)"

	<p>Signaux numériques internes échangés entre le PC hôte et la cible myRIO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Consignes dans l'espace opérationnel : <math>X_c</math>, <math>Y_c</math> ;</li> <li>Consignes dans l'espace articulaire : <math>T_c</math> et <math>R_c</math> ;</li> <li>Ecart en amont et en aval du correcteur : <math>\varepsilon_{1-T}</math>, <math>\varepsilon_{2-T}</math>, <math>\varepsilon_{1-R}</math> et <math>\varepsilon_{2-R}</math>.</li> </ul>
	<p>Signaux réellement mesurés. Chaque signal correspond à la présence d'un capteur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tensions en sortie de CNA : <math>\varepsilon_{3-T}</math>, <math>\varepsilon_{3-R}</math></li> <li>Tensions moteurs : <math>u_T</math> et <math>u_R</math></li> <li>Intensité moteurs : <math>i_T</math> et <math>i_R</math></li> <li>Position angulaire des arbres moteurs : <math>\theta_T</math> et <math>\theta_R</math></li> <li>Accélération radiale et tangentielle du bras (à partir de l'accéléromètre X et Y de la centrale inertielle)</li> <li>Vitesse angulaire du bras (à partir du gyroscope de la centrale inertielle)</li> </ul>
	<p>Signaux numériques estimés sur la base de la mesure des positions angulaires des arbres moteurs <math>\theta_T</math> et <math>\theta_R</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Position dans l'espace articulaire : <math>T</math> et <math>R</math></li> <li>Position dans l'espace opérationnel : <math>X</math> et <math>Y</math></li> </ul>

### Plage de fonctionnement



Moteur - DC-MAX26S GB KL 24V



#### Valeurs à tension nominale

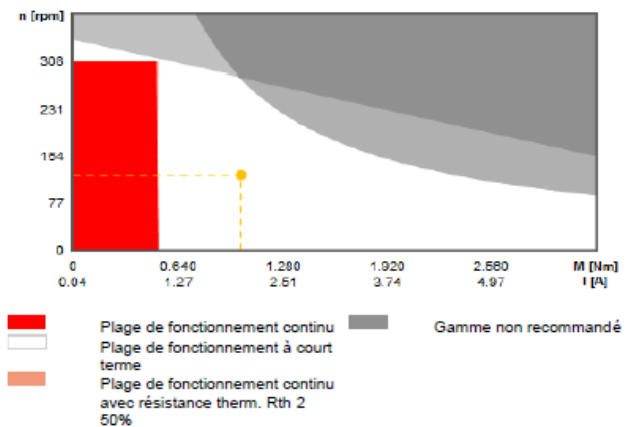
Tension nominale	24 V
Vitesse à vide	8930 tr/min
Courant à vide	39.8 mA
Vitesse nominale	8100 tr/min
Couple nominal (couple max. permanent)	26.6 mNm
Courant nominal (courant permanent max.)	1.08 A
Couple de démarrage	287 mNm
Courant de démarrage	11.2 A
Rendement max.	88.6 %

#### Caractéristiques

Puissance de sortie max.	28.6 W
Résistance aux bornes	2.14 Ohm
Inductance aux bornes	0.278 mH
Constante de couple	25.6 mNm/A
Constante de vitesse	373 tr/min/V
Pente vitesse/couple	31.2 tr/min/mNm
Constante de temps mécanique	4.89 ms
Moment d'inertie du rotor	14.9 gcm <sup>2</sup>

### Moteur de rotation

### Plage de fonctionnement



Moteur - DC-MAX26S GB KL 24V



#### Valeurs à tension nominale

Tension nominale	24 V
Vitesse à vide	8930 tr/min
Courant à vide	39.8 mA
Vitesse nominale	8100 tr/min
Couple nominal (couple max. permanent)	26.6 mNm
Courant nominal (courant permanent max.)	1.08 A
Couple de démarrage	287 mNm
Courant de démarrage	11.2 A
Rendement max.	88.6 %

#### Caractéristiques

Puissance de sortie max.	28.6 W
Résistance aux bornes	2.14 Ohm
Inductance aux bornes	0.278 mH
Constante de couple	25.6 mNm/A
Constante de vitesse	373 tr/min/V
Pente vitesse/couple	31.2 tr/min/mNm
Constante de temps mécanique	4.89 ms
Moment d'inertie du rotor	14.9 gcm <sup>2</sup>

### Moteur de translation