

ROBOT ERICC3

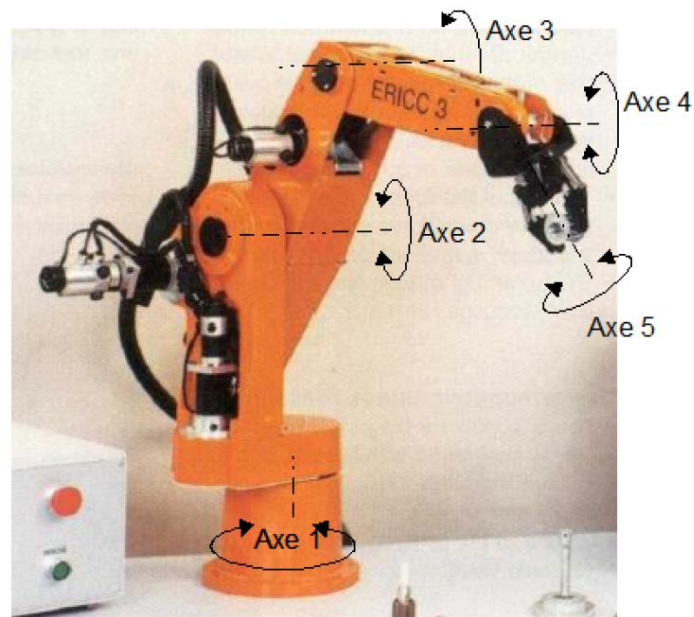
DOSSIER TECHNIQUE



PRESENTATION DES ROBOTS SERIE (5 AXES)

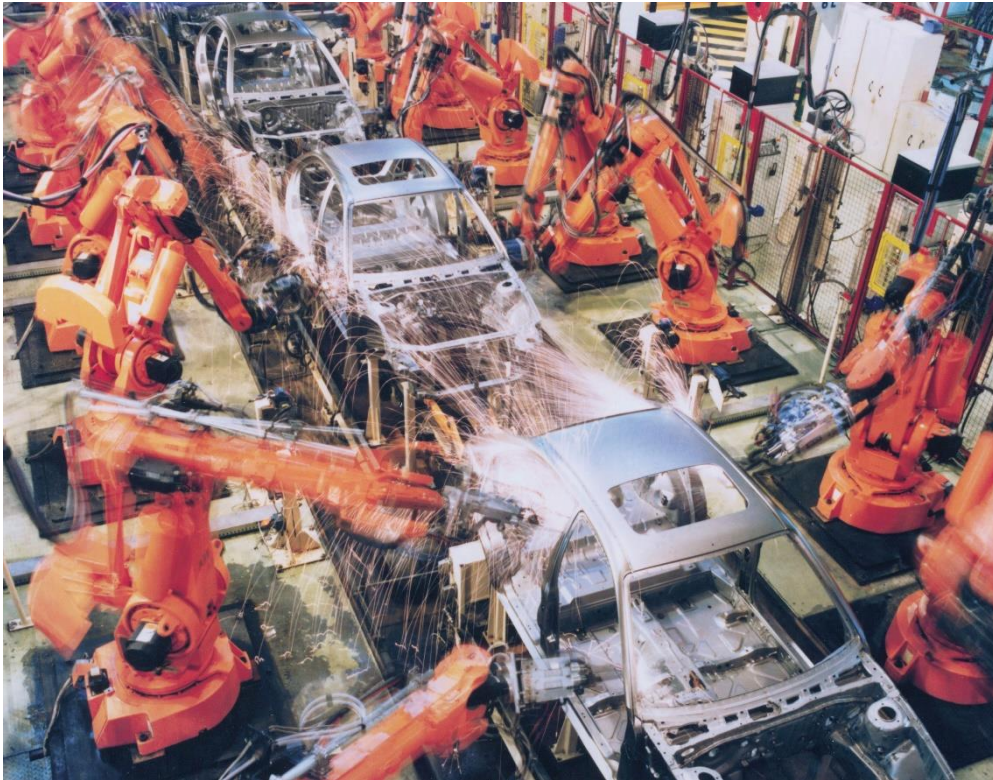
La majorité des manipulateurs existants à l'heure actuelle présente un caractère anthropomorphique marqué : ce sont principalement des caricatures de bras humain. On utilise donc ce que l'on appelle des robots séries (contrairement à la plate-forme 6 axes qui est un robot parallèle).

La figure ci-dessous illustre les positions des axes de rotation.



La définition des axes est la suivante :

- Axe 1 : axe de lacet
- Axe 2 : axe d'épaule
- Axe 3 : axe de coude
- Axe 4 : axe de poignet
- Axe 5 : axe de pince



Ligne de soudage dans l'industrie automobile.

Ces différentes articulations permettent de réaliser de nombreux mouvements. La pince peut être remplacée par un outil spécifique, pour effectuer des opérations de collage, de soudage, de peinture, de manutention de pièces, etc.

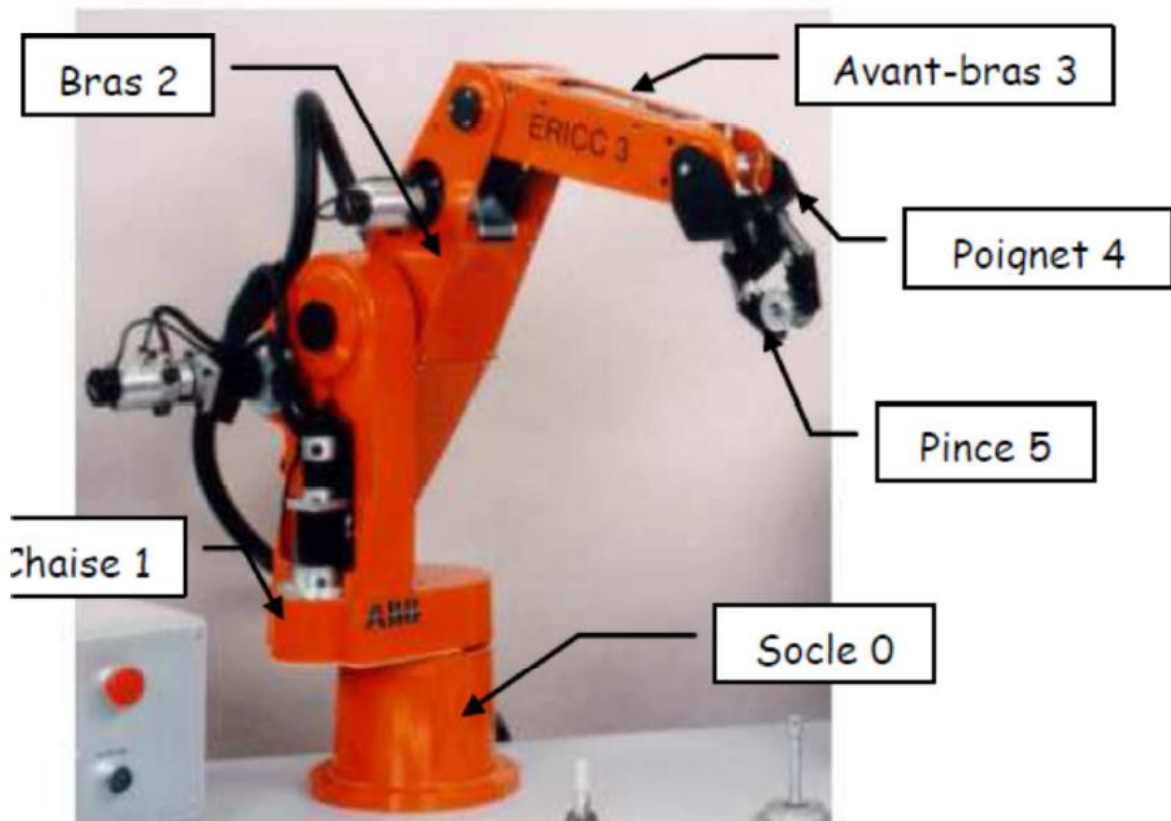
Le robot Ericc3 présent dans le laboratoire est lui muni d'une pince à mors (doigts) parallèles.

PRESENTATION DU ROBOT ERICC3 DIDACTISE DU LABORATOIRE

CONSTITUTION

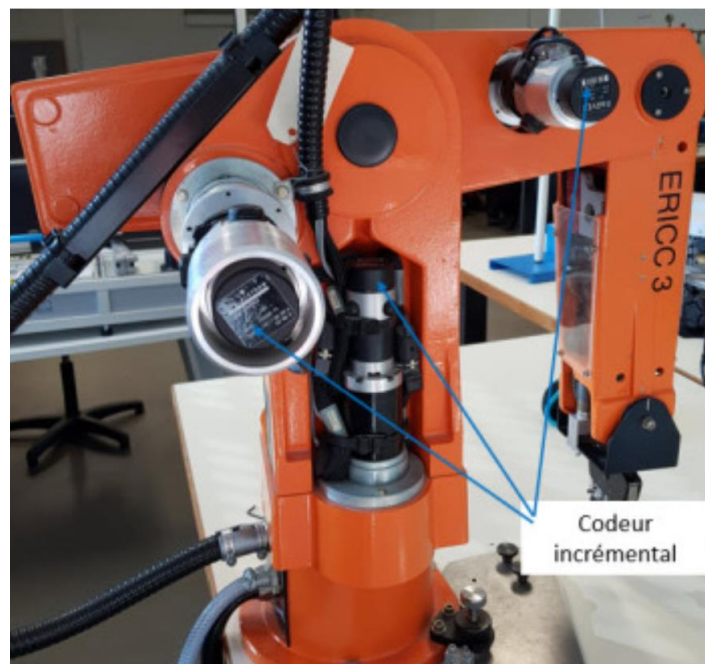
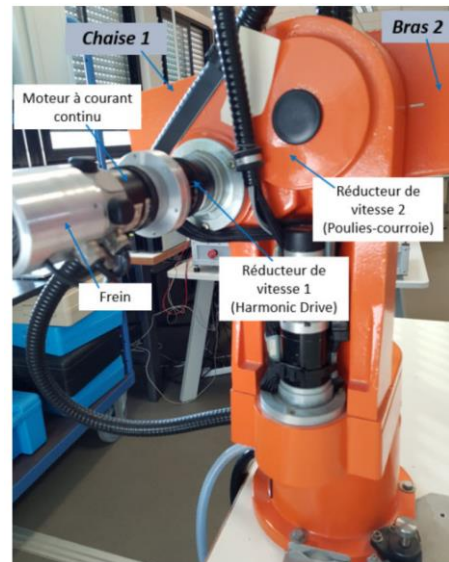
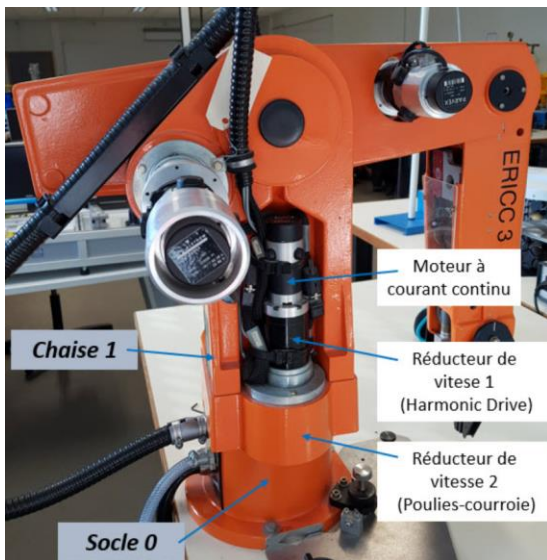
Le matériel du laboratoire comprend :

- En PO : un robot 5 axes avec sa pince pneumatique à mors (doigts) parallèles,
- En PC : deux boîtiers de commande (situés sous la table) contenant les cartes de commande des axes et une carte de gestion séquentielle de fonctionnement du robot,
- En PE : un ordinateur personnel muni d'un logiciel (Ericc3) de pilotage de paramétrage et de mesure des performances du système.



ORGANISATION DES 3 PREMIERS AXES

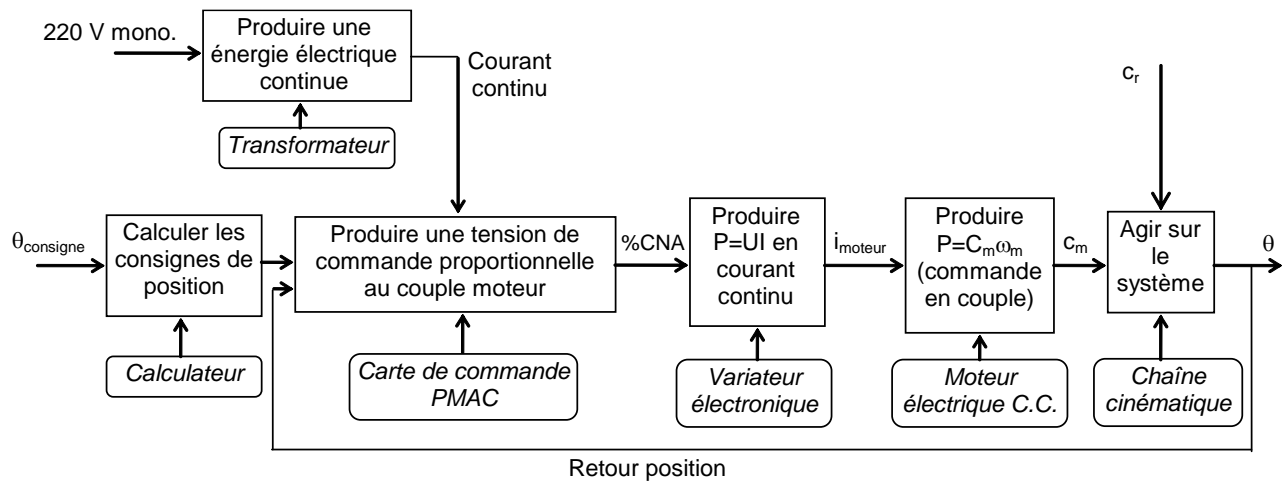
Les trois premiers axes, en partant de la base du robot, sont organisés sur le même principe, qui comprend un moteur à courant continu, un réducteur à fort rapport de réduction « Harmonic Drive » et un codeur incrémental angulaire qui permet de mesurer la vitesse de rotation et la position angulaire de chaque axe :



EXEMPLE DE LA COMMANDE D'AXE DU LACET

L'analyse fonctionnelle montre la nécessité d'une grande précision de positionnement dans les déplacements. C'est pour cette raison que chaque axe du robot est asservi en position.

Cette commande est représentée schématiquement sur la figure ci-dessous.



Le calculateur et la carte de commande PMAC (1^{er} boîtier sous la table) jouent le rôle de {transducteur + comparateur + correcteur} et permettent ainsi de déterminer la tension d'alimentation %CNA à envoyer au pré-actionneur, c'est-à-dire le variateur électronique (2^{ème} boîtier sous la table).

Le variateur électronique converti cette tension en intensité $i_{moteur}(t)$ qu'il impose au moteur électrique.

Le moteur électrique exerce un couple C_m (effort tournant) sur le bras du robot.

Le couple C_r est un couple résistant du au frottement.

COMMANDE EN COURANT

Les moteurs du robot sont commandés en courant. A l'aide d'une boucle de compensation qui « élimine » le « retour de vitesse » ($E = k_e \cdot \Omega$) et/ou grâce à une boucle de courant, il est possible de piloter le courant dans le moteur afin d'obtenir que celui-ci soit pratiquement proportionnel à la tension aux bornes du moteur.

Les équations du moteur deviennent alors :

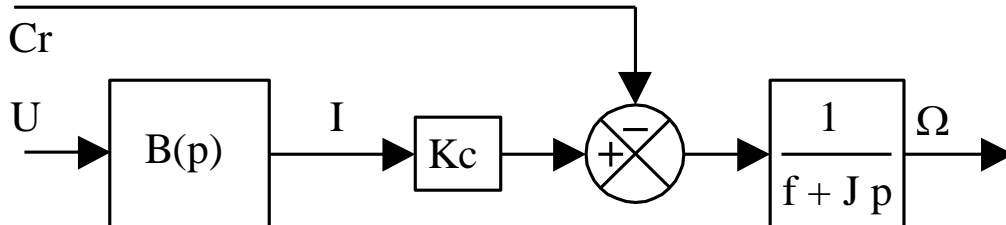
$$C_m - C_r - f \cdot \Omega = J \cdot \frac{d\Omega}{dt}$$

$$C_m(t) = k_t \cdot i(t)$$

$$\text{Ce qui donne : } \Omega(p) \approx I(p) \cdot \left(\frac{k_t}{J \cdot p + f} \right) - C_r(p) \cdot \left(\frac{1}{J \cdot p + f} \right)$$

Attention : Le terme commande en courant est trompeur : c'est toujours une tension qui est appliquée aux bornes du moteur.

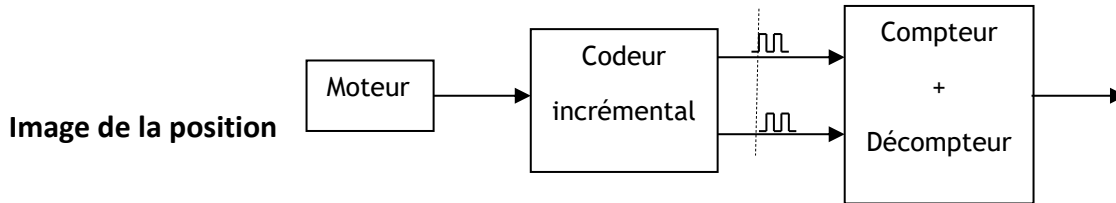
La tension aux bornes est alors considérée comme une consigne de courant.



Où $B(p)$ est une fonction de transfert dépendant du mode de commande du courant. Dans le meilleur des cas, on peut assimiler $B(p)$ à un gain pur.

MESURE DE LA POSITION ANGULAIRE

La position angulaire de chaque moteur (actionneur) est surveillée par un codeur incrémental à 100 fentes par tour. C'est un capteur envoyant un train d'impulsions vers un compteur / décompteur assimilable à un gain pur de 4 : on a donc l'équivalent d'un codeur incrémental à 400 fentes par tour.



Lorsqu'il n'y a pas de courant, l'information est perdue.

Les mécanismes de mise en mouvement sont en général réversibles, c'est-à-dire que la charge peut devenir motrice. En l'absence d'alimentation, il est par exemple possible de déplacer le chariot selon son axe (en ouvrant puis refermant le coffret) : à la mise sous tension, la partie commande ne sait pas dans quelle position se trouve cet axe et toute commande est donc impossible.

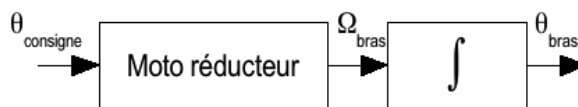
La prise d'origine consiste à mettre la partie opérative dans une position particulière choisie par le fabricant.

À cette position, les compteurs sont remis à zéro et on parle d'origine machine. Le déplacement vers cette position peut être fait en pilotage manuel ou en pilotage assisté par un programme spécifique.

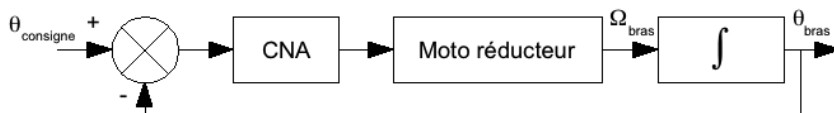
Cette position est repérée par des détecteurs de type TOR (tout ou rien).

Sur l'axe, ces capteurs donnent une information à l'échelon d'information : quand le système se met en mouvement, les capteurs sont fixes et un coin est aménagé sous le chariot : quand l'entrefer diminue trop, le capteur donne une information, ce qui indique à la partie commande que la position de référence a été atteinte.

SCHEMA BLOC DU SYSTEME EN BOUCLE OUVERTE



SCHEMA BLOC DU SYSTEME EN BOUCLE FERMEE



Convertisseur Numérique Analogique

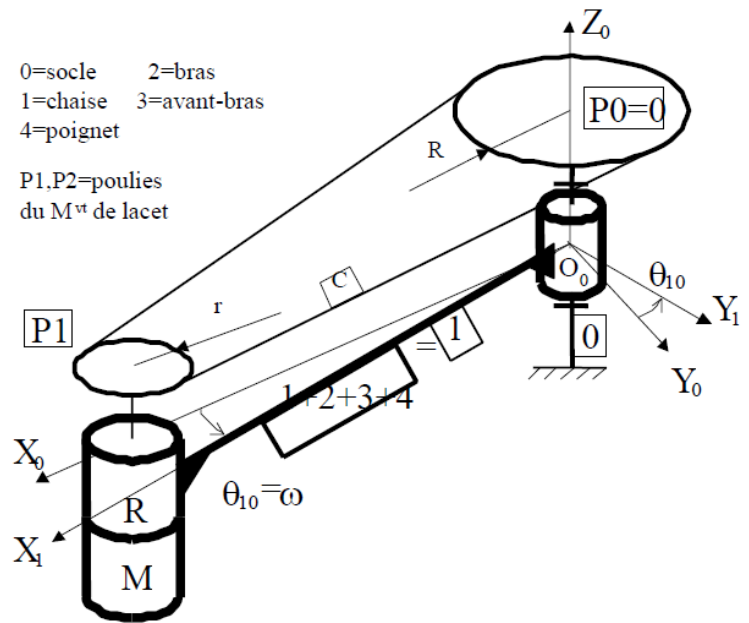
Il s'agit d'un Convertisseur Numérique Analogique : 16 bits (1 bit de signe + 15 bits de données), soit impulsions correspondant à une tension de commande de $V. \pm 32\,767 \pm 10$.

Variateur de vitesse du moteur

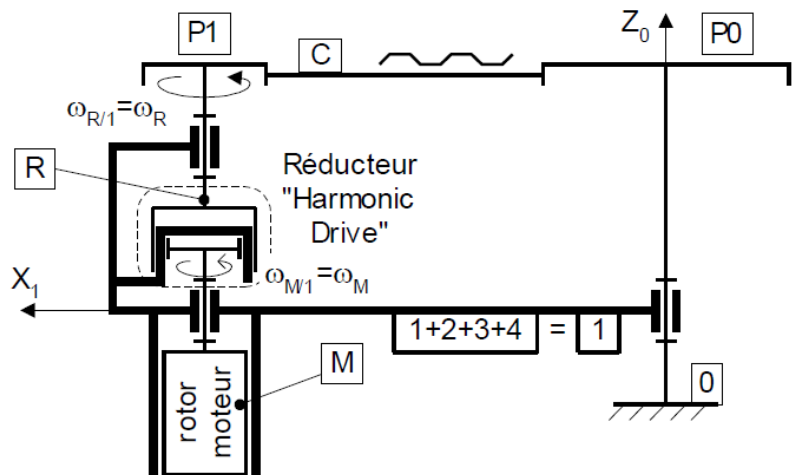
Il s'agit d'un variateur de vitesse électronique. On le modélise par gain pur K_v tel qu'une tension de 5 V en sortie du CNA produise un courant en sortie d'intensité 0,85 A.

DESCRIPTION DE L'AXE DU LACET

Schématisation spatiale



Schématisation plane

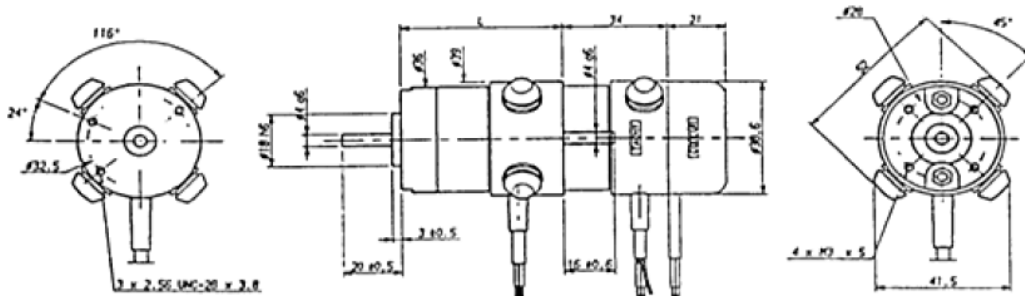


Moteur de lacet

CARACTERISTIQUES (40°C ambiant, facteur de forme ≤1,02)	Couple permanent en rotation lente	Vitesse nominale	Puissance nominale	Tension nominale	Courant permanent en rotation lente	Courant maximal en rotation lente	F.E.M. par 1000 min ⁻¹ (25°C)	Couple par ampère (25°C)	Résistance induit (25°C)	Inductance	Inertie	constante de temps mécanique	Constante de temps thermique	charge axiale admissible	Charge radiale admissible à mi-longueur de l'arbre	masse
symbole	Co	Nn	Pn	Un	Io	I max	KE	KT	R	L	J	τ m	τ th	Fa	Fr	M
Unité	Nm	min ⁻¹	W	V	A	A	V	Nm/A	ohm	mH	Kgm ² .10 ⁻⁴	ms	min	daN	daN	kg

RS 120 G	0,105	3000	30	21	2,53	8,1	4,5	0,043	2,3	1,1	0,41	5,1	6,5	3	6	0,39
----------	-------	------	----	----	------	-----	-----	-------	-----	-----	------	-----	-----	---	---	------

RS1



Type RSG 120

Moteur	Codeur	Raccordement	Traits par tours	Inertie	Masse
			Standard	Kgm ² .10 ⁻⁴	kg
RS1...RS4	K9	Câble 1m	500	0,6	0,6

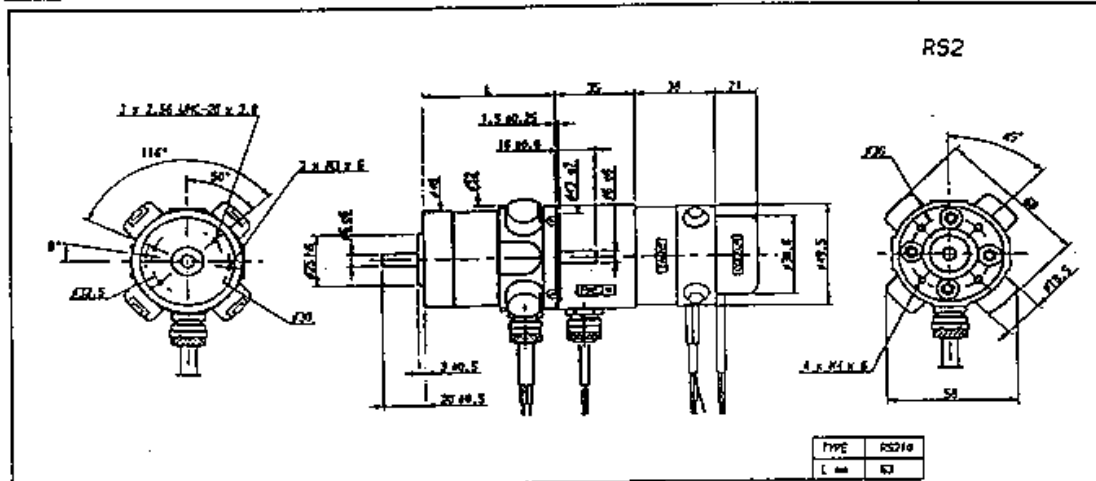
Moteur de l'épaule et du coude

Ind.

Moteur EPAULE et COUDE.

CARACTÉRISTIQUES (40 ° C ambiant) Facteur de forme $\leq 1,02$	Couple permanent en rotation lente	Vitesse nominale	Puissance nominale	Tension nominale	Courant permanent en rotation lente	Courant maximal en rotation lente	FEA par 1000 min (25 °C)	Couple par arrêt (25 °C)	Résistance IndA (25 °C)	Inductance	Inertie	Constante de temps mécanique	Constante de temps thermique	Charge admissible continue	Charge admissible à l'arrêt	Masse
SYMBOLE	C_0	N_n	P_n	U_n	I_0	I_{max}	KE	KT	R	L	J	τ_m	τ_{th}	F_a^*	F_r^*	M_e
UNITE	Nm	min ⁻¹	W	V	A	A	V	Nm/A	ohm	mH	kgm ² .10 ⁻⁴	ms	min	daN	daN	±kg

RB 210 L	0.12	3000	35	23	2.6	10.5	5.1	0.048	2.3	1.1	1.3	13	4	10	18	0.53
----------	------	------	----	----	-----	------	-----	-------	-----	-----	-----	----	---	----	----	------



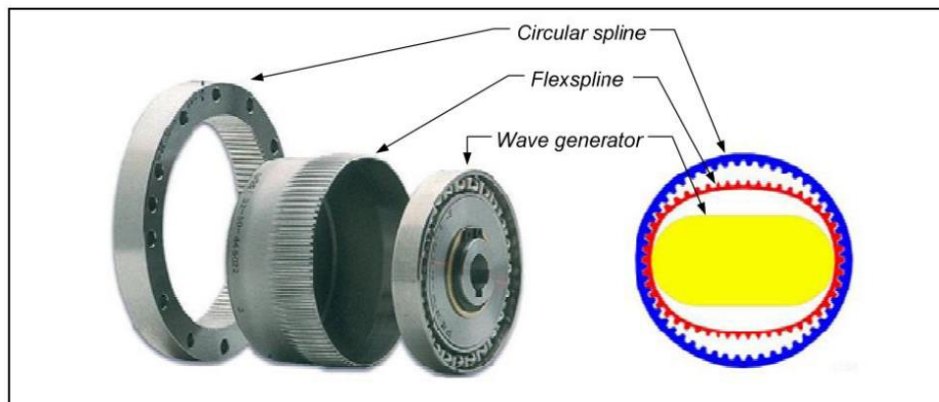
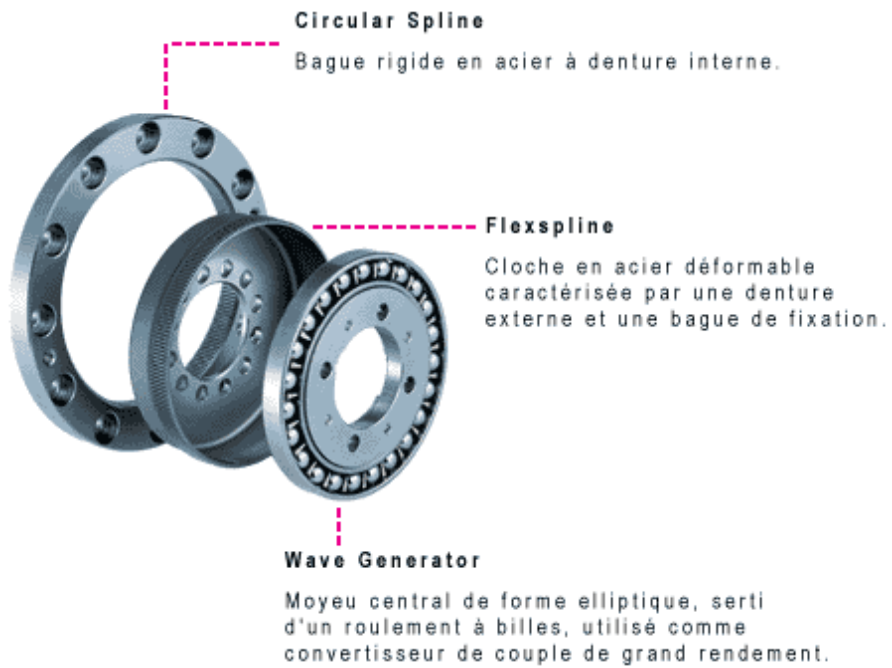
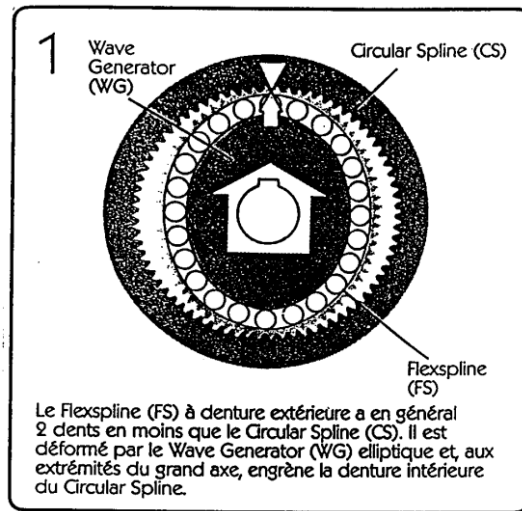
Le frein bloque l'arbre moteur à l'arrêt (utilisation statique).
Utilisation dynamique en cas d'arrêt d'urgence.

Moteur	Couple de maintien		Tension (± 10%)	Courant	Inertie	Masse
	à 20 °C	à 100 °C				
	Nm	Nm	V	A	kgm ² .10 ⁻⁴	kg
RS2	0.6	0.35	24	0.34	0.2	0.2

Les signaux sont complétés A, \bar{A} , B, \bar{B} avec top zéro et top zéro. Alimentation 5 V TTL. Toutes les sorties sont plotées par amplificateur de ligne.

Moteur	Codeur	Raccordement	Traits par tours		Inertie	Masse
			Standard	Option		
RS1...RS4	K9	câble 1 m	500	250	0.08	0.08

Réducteur Harmonic Drive



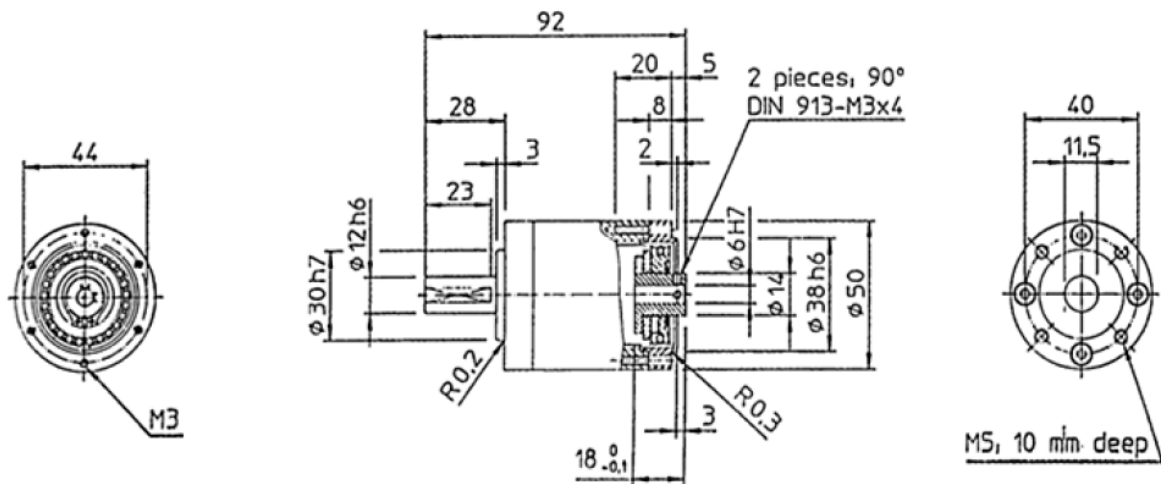
Réducteurs et coefficients (Lacet et épaulement)

Axe	réducteur	courroie crantée	Nb pulses codeur	comptage	coefficient
θ1	1/100	12/40	500	x 4	1851.851852
θ2	1/100	12/40	500	x 4	1851.851852
θ3	1/100	15/52	500	x 4	1925.925926
θ4	1/60	18/60	500	x 1	277.777778
θ5	1/262	18/36	16	x 4	93.155556

Coefficient = nombre d'impulsions codeur correspondant à 1 degré sur l'axe final.

Le Réducteur « Harmonic-Drive » a un rapport de réduction **k1 = 1 / 100**.

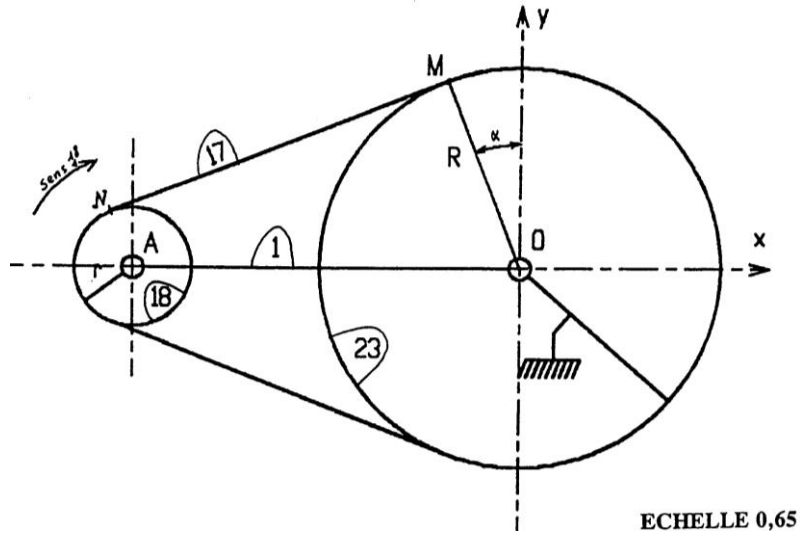
Taille	rapport	Rated Output Torque Nm	Rated Input Speed rpm	TR Limit for Repeated Peak Torque Nm	Max. No-load Starting Torque Ncm	Max. Input Speed Grease Lubrification rpm	Output shaft Max. radial Load N	Output shaft Max. axial Load N	input shaft Max. radial Load N	input shaft Max. axial Load N	Moment of Inertia type : 1 U-CC kg.cm ²	Moment of Inertia type : 1 U with input shaft kg.cm ²
14	100	7,8	3500	14,7	1,6	5000	392	392	29	10	0,033	0,034



POIDS 420 g

Réducteur par poulies/courroie (lacet et épaulement)

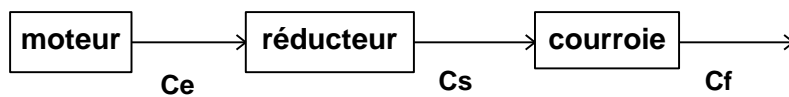
La transmission par poulies - courroie a un rapport de transmission $k_2 = 12 / 40$.



Relation entre couple et intensité dans un moteur à courant continu :

$$C_m = K_m \cdot I \quad \text{avec} \quad K_m = 0,048 \text{ N.m/A}$$

Relation entre les couples dans une transmission :



$$C_s = C_e \cdot \eta_{red} \cdot \rho_{red} ;$$

$$C_f = C_s \cdot \eta_{cour} \cdot \rho_{cour} ;$$

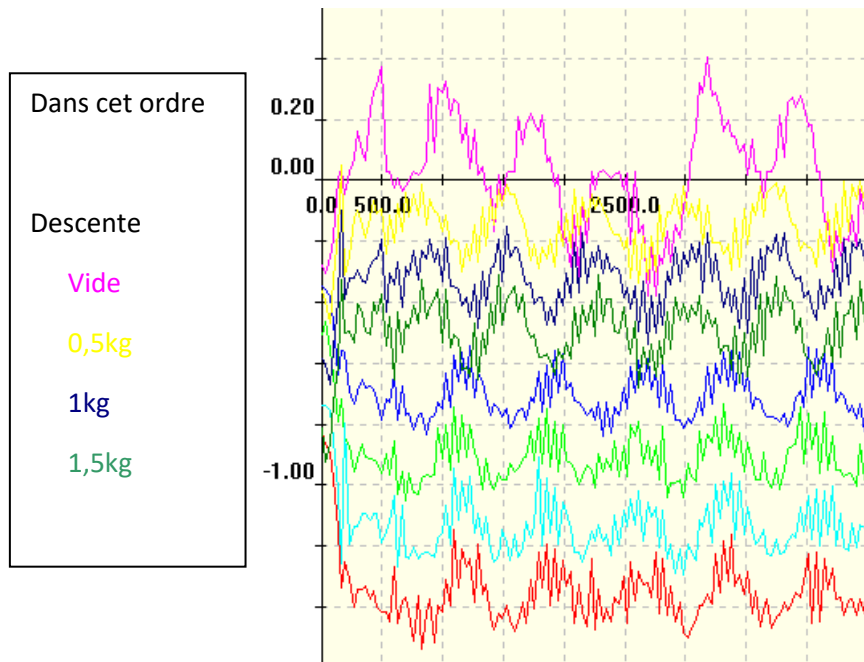
donc $C_f = C_e \cdot \eta_{red} \cdot \rho_{red} \cdot \eta_{cour} \cdot \rho_{cour}$

Où : η est un rendement et ρ est un rapport de réduction.

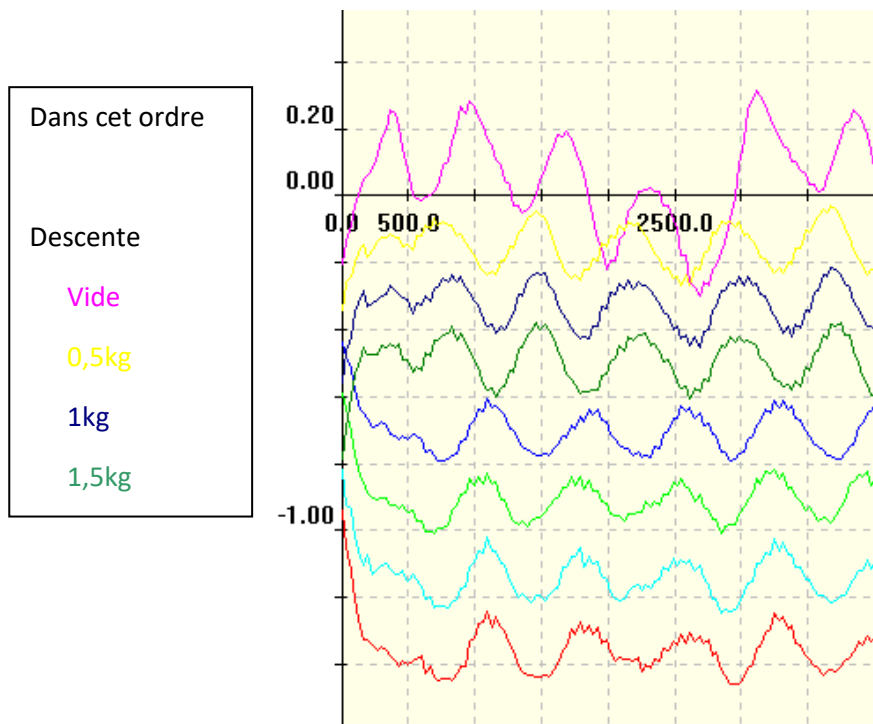
Un signe – intervient dans ces relations, s'il y a un changement de sens de rotation dans la transmission.

COURBES BRAS HORIZONTAL (Moteur épaule)

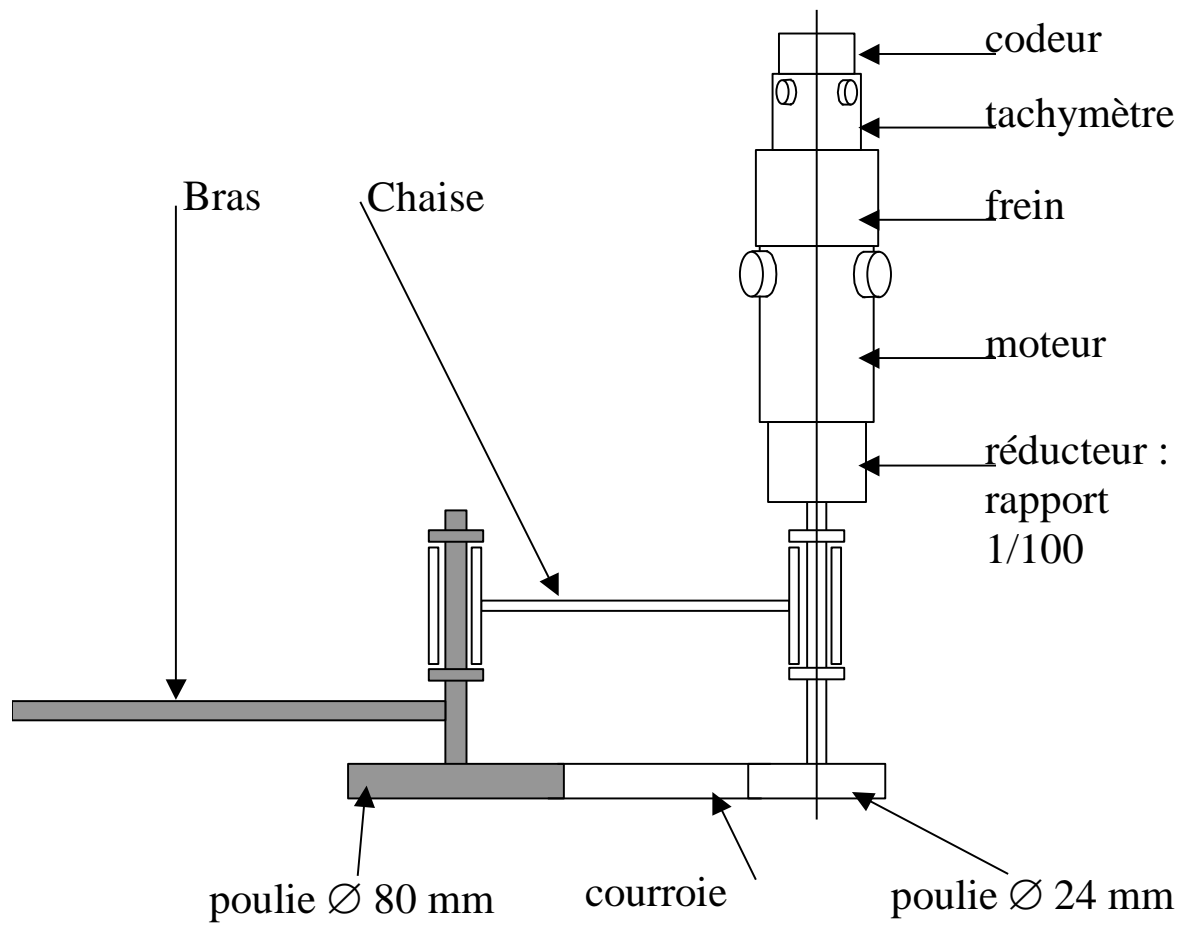
Sans filtre



Avec Filtre



CHAINE DE TRANSMISSION DE PUISSANCE DU BRAS



Codeur incrémental : (lacet et épaulement)

Le codeur incrémental a une caractéristique de transfert modélisée par un gain pur **Kc**.

Montées sans accouplement, donc très rigides, les génératrices tachymétriques usinées au micron donnent une image fidèle de la vitesse instantanée, du passage à vitesse nulle et du sens de rotation.

**GÉNÉRATRICE
TACHYMÉTRIQUE**

Moteur	Tachy	F.E.M.	Résistance à 25 °C	Inertie	Masse
		Volt/1000 min ⁻¹	ohm	kgm ² .10 ⁻⁵	kg
RS1	TBN 103	3	60	0.1	0.1
RS2...RS4	TBN 206	6	47	0.5	0.2
RS5 + RS6	TBN 306	6	11	2.5	0.3

Le frein bloque l'arbre moteur à l'arrêt (utilisation statique).
Utilisation dynamique en cas d'arrêt d'urgence.

**FREIN DE
MAINTIEN A
MANQUE DE
COURANT**

Moteur	Couple de maintien		Tension (± 10%)	Courant	Inertie	Masse
	à 20 °C	à 100 °C				
	Nm	Nm	V	A	kgm ² .10 ⁻⁵	kg
RS2	0.6	0.35	24	0.34	0.2	0.2
RS3 + RS4	1.5	1	24	0.38	0.6	0.24
RS5	6	5.5	24	0.54	6.3	0.7
RS6	12	10	24	0.75	17	1.4

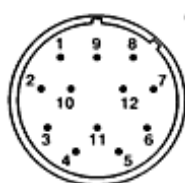
**CODEUR
INCRÉMENTAL**

Les signaux sont complémentés A, \bar{A} , B, \bar{B} avec top zéro et top zéro. Alimentation 5 V TTL. Toutes les sorties sont pilotées par amplificateur de ligne.

K9	Fonction	Couleur
	A	Blanc
	\bar{A}	Blanc/noir
	B	Bleu
	\bar{B}	Bleu/blanc
	top 0	Vert
	top 0	Vert/blanc
	+ 5 V	Rouge
	0 V	Noir

Moteur	Codeur	Raccordement	Traits par tours		Inertie	Masse
			Standard	Option		
RS1...RS4	K9	câble 1 m	500	250	0.06	0.06
RS5 + RS6	C6 B	connecteur	500-1000	2000-2500	0.34	0.58

Le nombre de points peut-être multiplié par 2 ou 4 par la commande numérique.



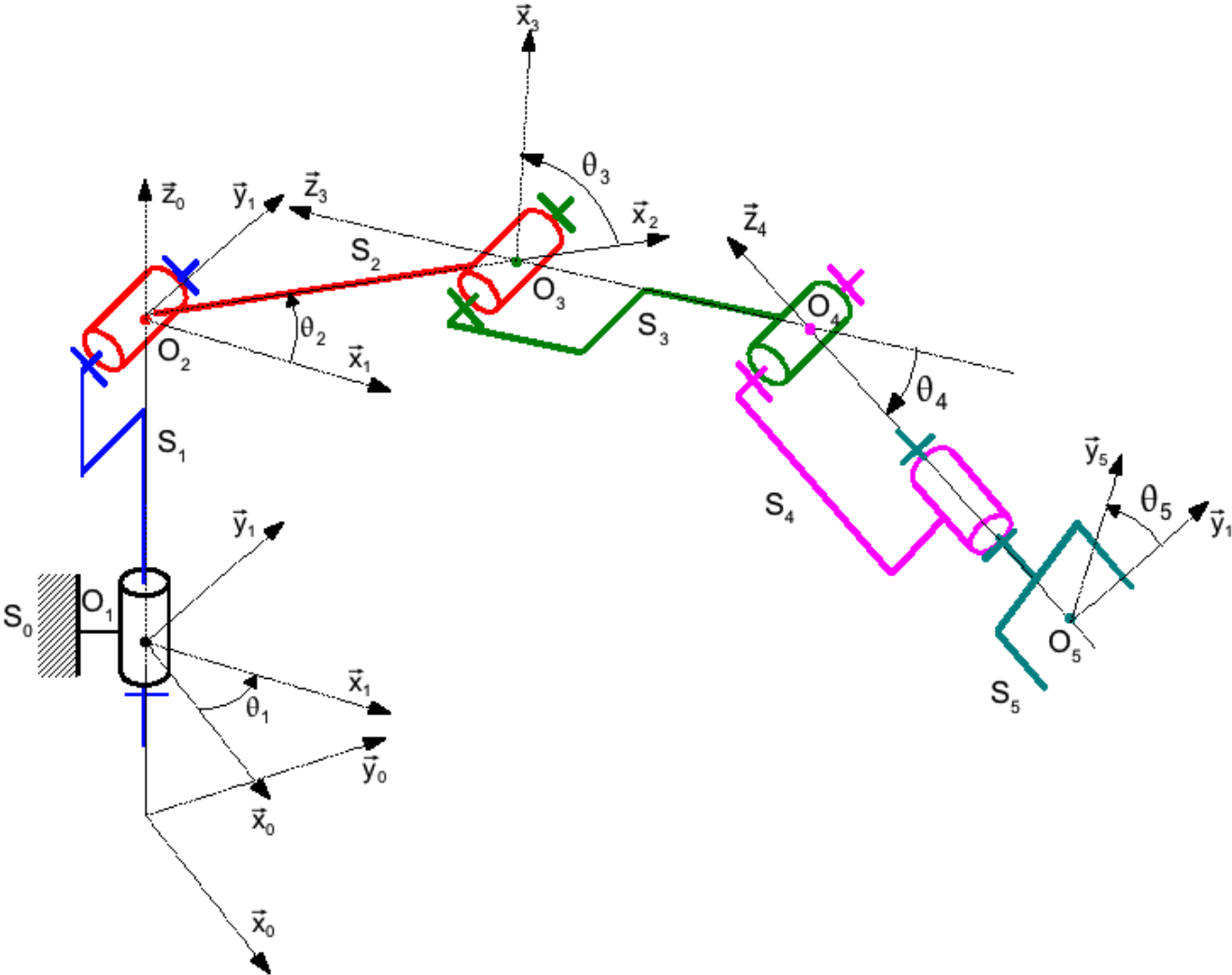
Vue embase

C6 B	Fonction	Broche
	A	5
	\bar{A}	6
	B	8
	\bar{B}	1
	top 0	3
	top 0	4
	+ 5 V	2-12
	0 V	10-11

Solidaire de l'arbre moteur, le codeur K9 est très compact. Les charges axiales sur l'arbre sont donc à proscrire.

Le codeur C6 B est particulièrement bien adapté à une ambiance industrielle sévère grâce à sa protection thermique et mécanique renforcée.

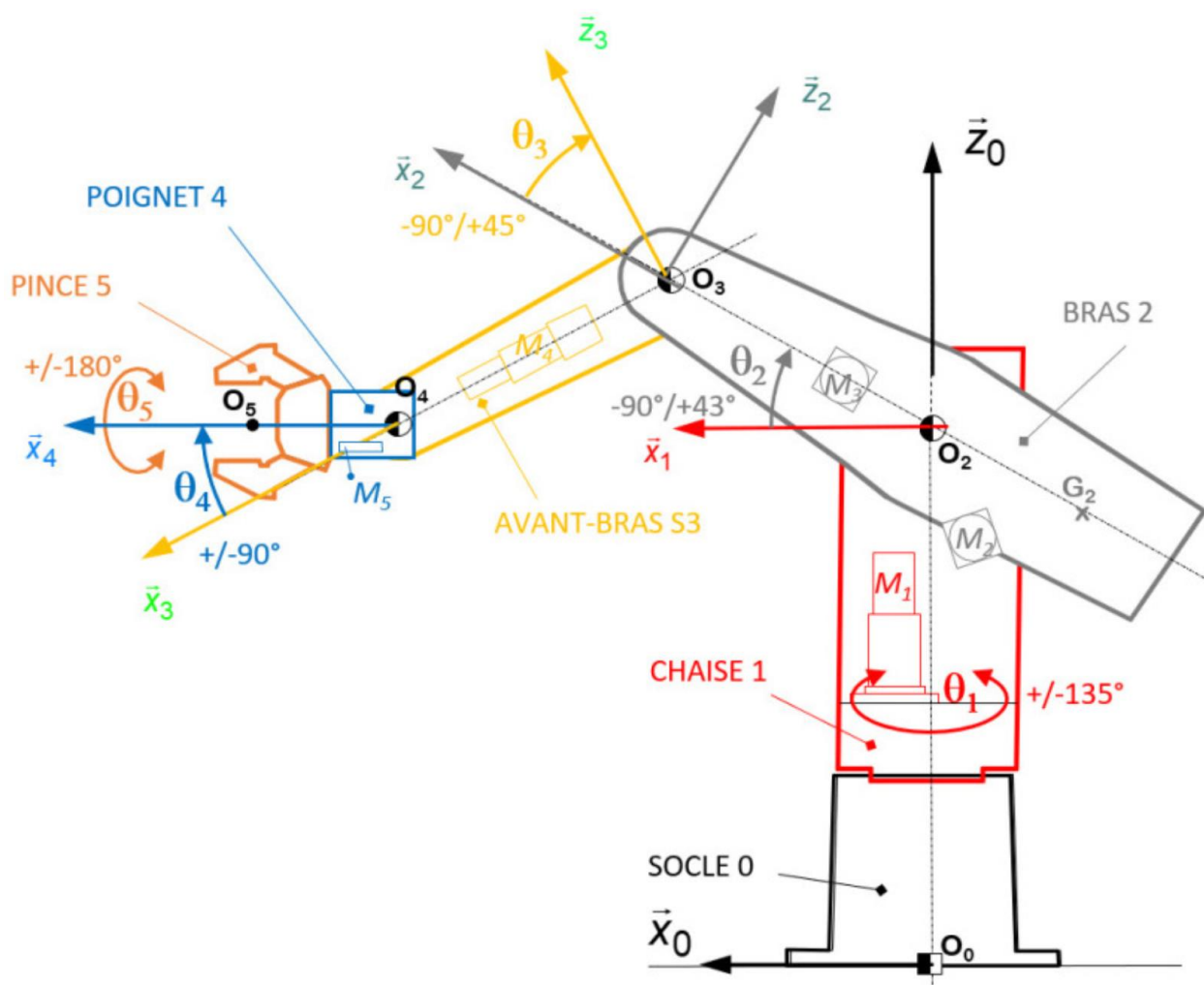
SCHEMA CINEMATIQUE ET PARAMETRAGE DU ROBOT



DÉFINITION GÉOMÉTRIQUE DU ROBOT

Le bras porteur est composé de plusieurs parties :

- Le socle
- La chaise
- Le bras
- L'avant-bras
- Le poignet
- La pince



Paramètres caractéristiques :

$$\overline{O_0O_2} = L_1 \bar{z}_0 \quad \text{avec } L_1 = 512 \text{ mm}$$

$$\overline{O_2O_3} = L_2 \bar{x}_2 \quad \text{avec } L_2 = 280 \text{ mm}$$

$$\overline{O_3O_4} = L_3 \bar{x}_3 \quad \text{avec } L_3 = 317,5 \text{ mm}$$

$$\overline{O_4O_5} = L_5 \bar{x}_4 \quad \text{avec } L_5 = 155 \text{ mm}$$

Paramètres de mouvement articulaires :

$$(\bar{x}_0, \bar{x}_1) = \theta_1$$

$$(\bar{x}_1, \bar{x}_2) = \theta_2$$

$$(\bar{x}_2, \bar{x}_3) = (-\bar{z}_2, \bar{x}_3) = \theta_3$$

$$(\bar{x}_3, \bar{x}_4) = \theta_4$$

$$(\bar{y}_4, \bar{y}_5) = \theta_5$$

Paramètres de mouvement cartésiens :

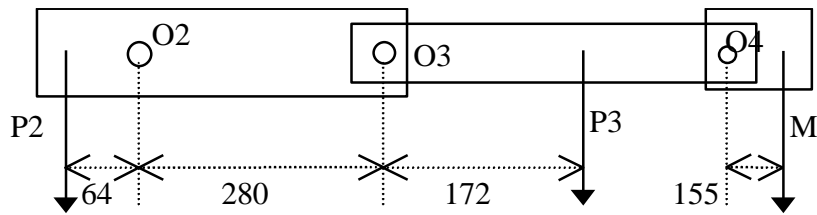
$$O_0O_5 = X \bar{x}_0 + Y \bar{y}_0 + Z \bar{z}_0$$

$$(\bar{x}_1, \bar{x}_4) = \beta$$

$$(\bar{y}_4, \bar{y}_5) = \gamma$$

MODÉLISATIONS DU BRAS, DE L'AVANT-BRAS ET DE LA PINCE

La figure suivante donne la position des centres de gravité :



La masse du bras : 15,5 kg

La masse de l'avant-bras : 3,5 kg

Données relatives aux différentes transmissions :

Les transmissions sont constituées d'un moteur, d'un réducteur et d'un ensemble poulies – courroie.

- Moteurs épaule et coude :
 - vitesse nominale = 3000 tr/min (314,16 rad/s)
 - puissance nominale = 35 W
 - couple permanent = 0.12 N.m

- Réducteurs épaule et coude :
 - type: Harmonic Drive réf. : hduc-14-100-1u-cc
 - rapport = 100
 - hypothèse : rendement = 85%

- Réduction du système poulies - courroie épaule
 - rapport = 12/40

- Réduction du système poulies - courroie coude
 - rapport = 15/52
 - hypothèse : rendement = 80%

PINCE DU ROBOT

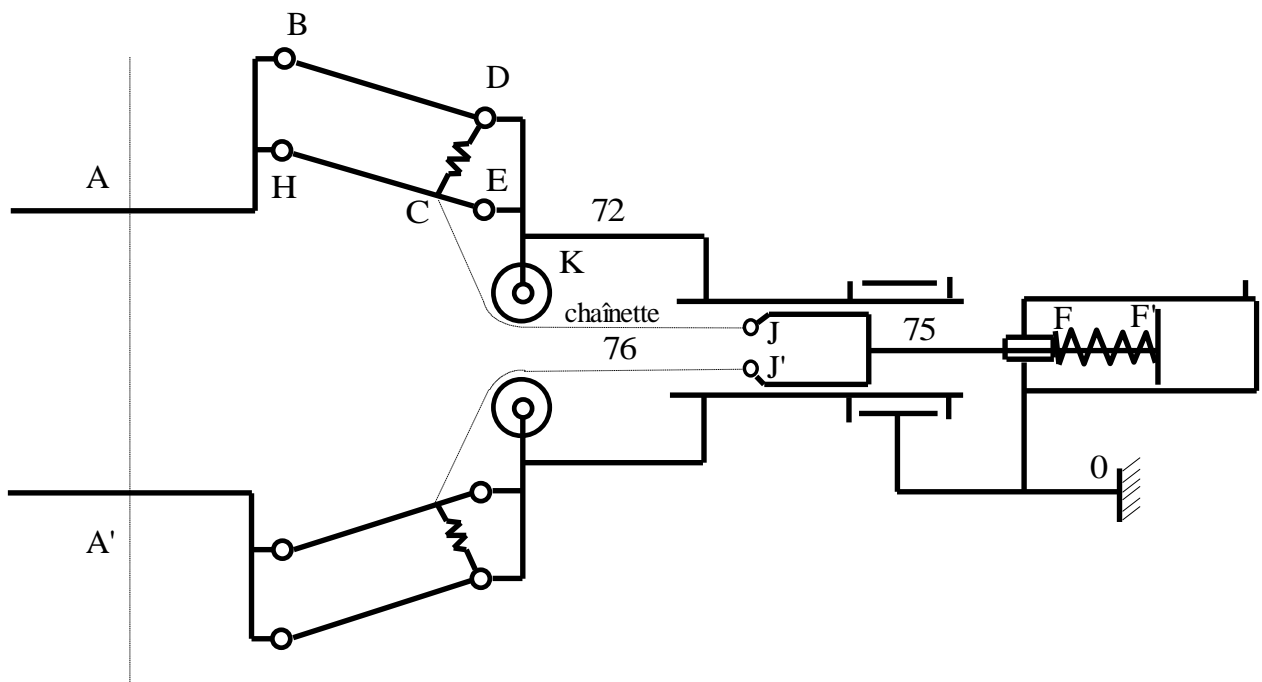
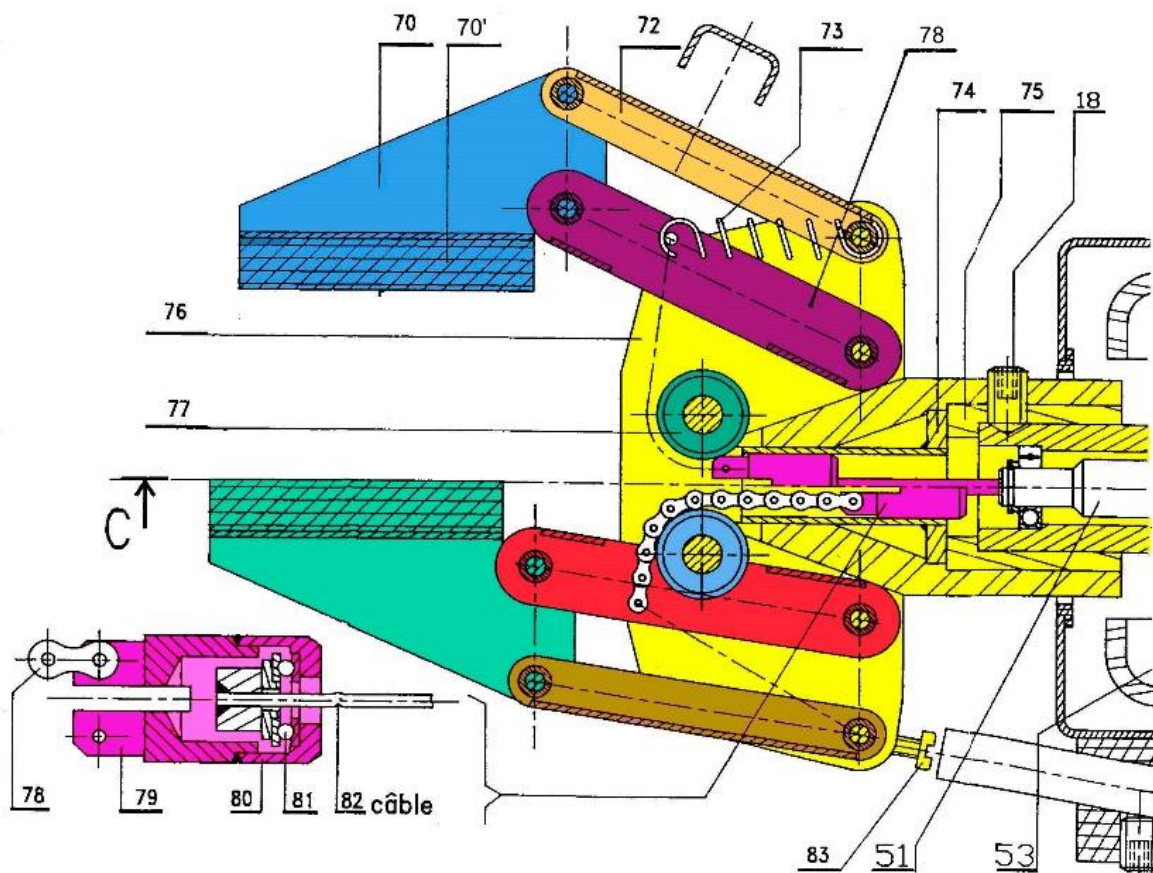
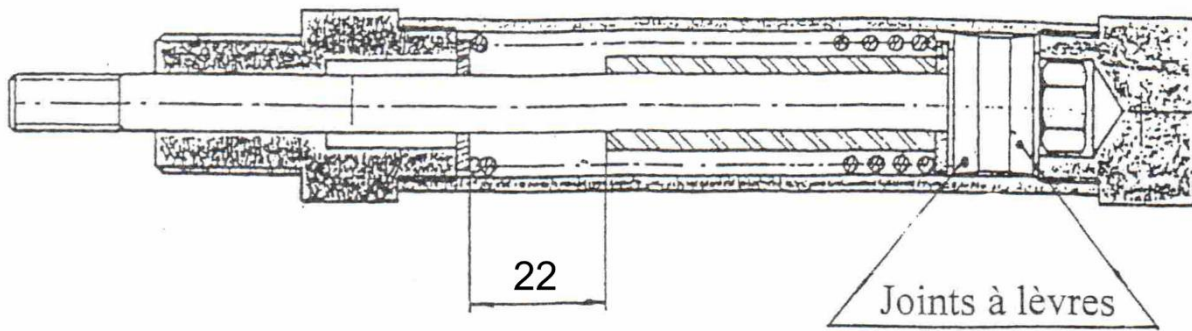


Schéma cinématique du système de serrage



Plan de la pince du robot ERICC (d'après document constructeur)

Actionneur de la pince



Vérin double effet - diamètre 25 mm – course 80 mm

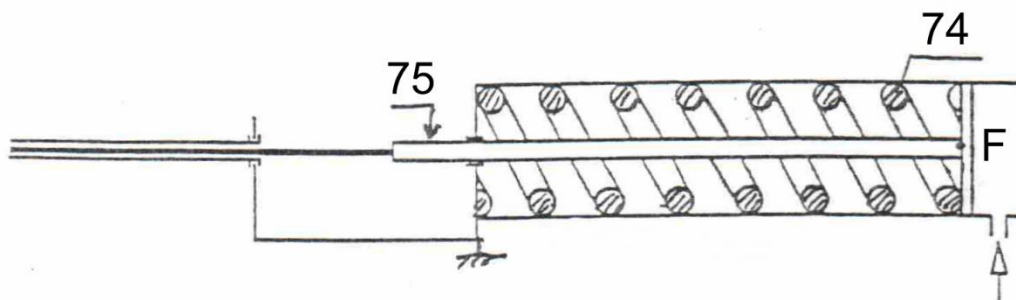
Bridé pour course 22 par entretoise et retour par ressort

Poussée à 5 bar : 22,5 daN

Poussée du ressort : course 0 = 16,5 daN

Poussée du ressort : course 22 = 21 daN

Schéma de principe de l'actionneur

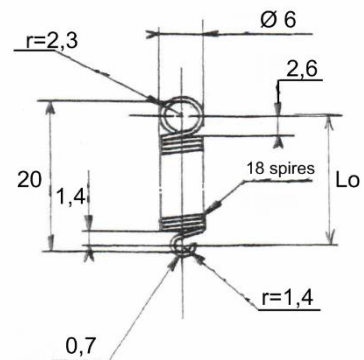


Caractéristiques du ressort de rappel 73

Matériau : X10 Cr Ni 18 09

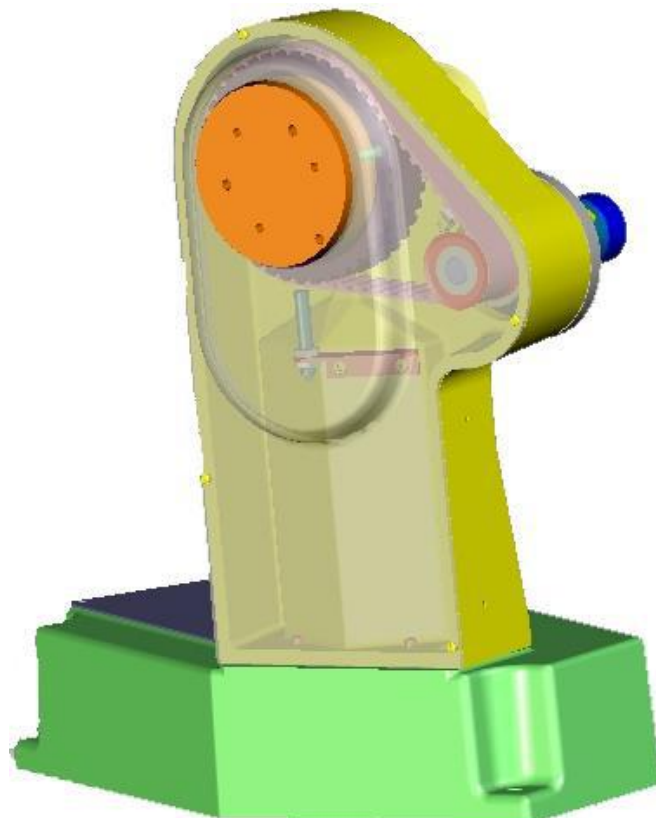
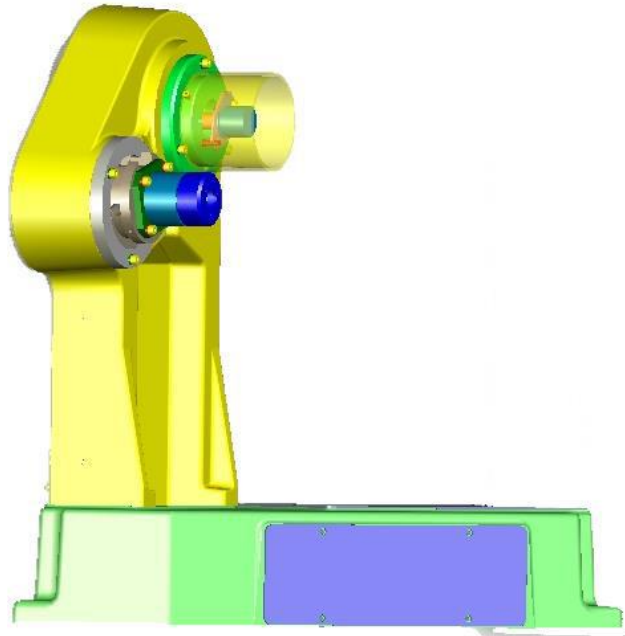
Raideur du ressort : $K = 0,54 \text{ N/mm}$

Longueur libre : $L_0 = 16,6 \text{ mm}$



DESCRIPTION DE L'AXE DE L'ÉPAULE (BRAS-CHAISE) - SYSTEME GIROTICC

L'ensemble GIROTICC est l'image de l'articulation d'épaule du robot ERICC3, c'est à dire l'articulation entre la chaise et le bras du robot.



Constitution

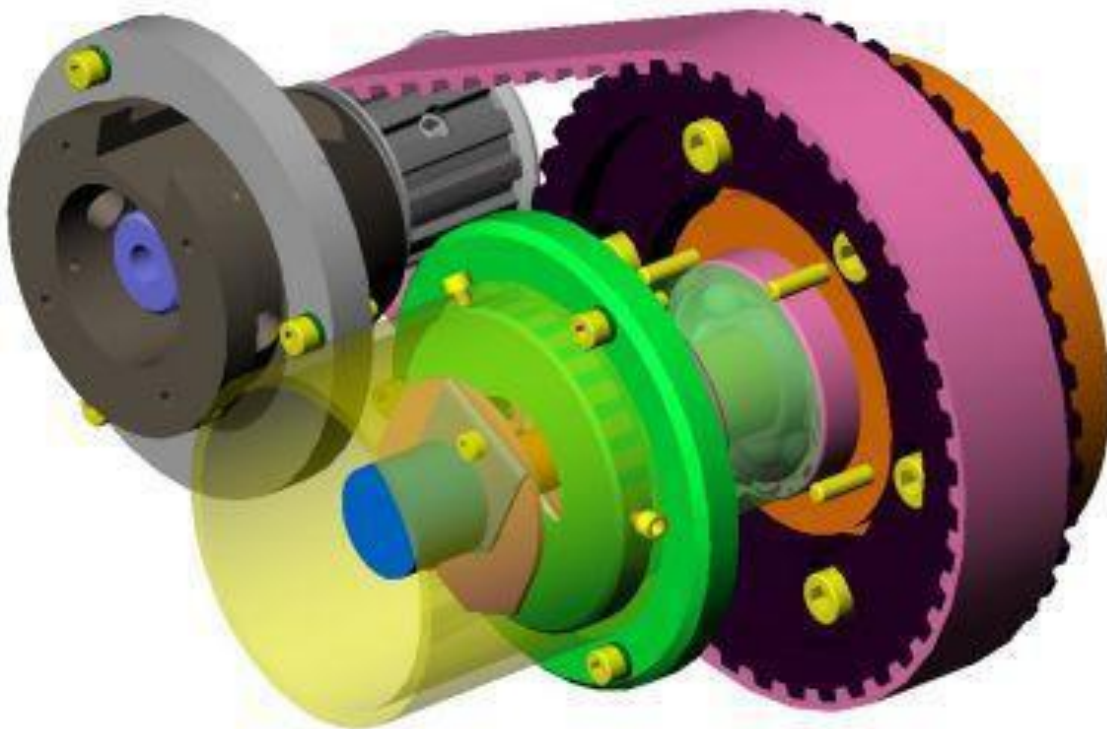
L'ensemble est constitué d'un socle de base recevant la platine de mesure et les connecteurs de raccordements montés sur un circuit imprimé. Sur le socle de base est fixée la pièce de fonderie en alliage léger (la chaise) équipant l'axe épaule des robots ERICC. Sur cette pièce un ensemble mécanique constitué principalement de deux pignons crantés et d'une courroie crantée, le tout commandé par un moto-réducteur, constitue la chaîne cinématique. La courroie est tendue grâce à l'excentrique sur lequel est monté le moto-réducteur.

La chaîne cinématique se définit donc pas une liaison pivot réalisée par deux roulements à billes à contacts obliques montés en O.

Cette chaise comprend également les différents capteurs de position (potentiomètre, codeur...).

Eléments mécaniques :

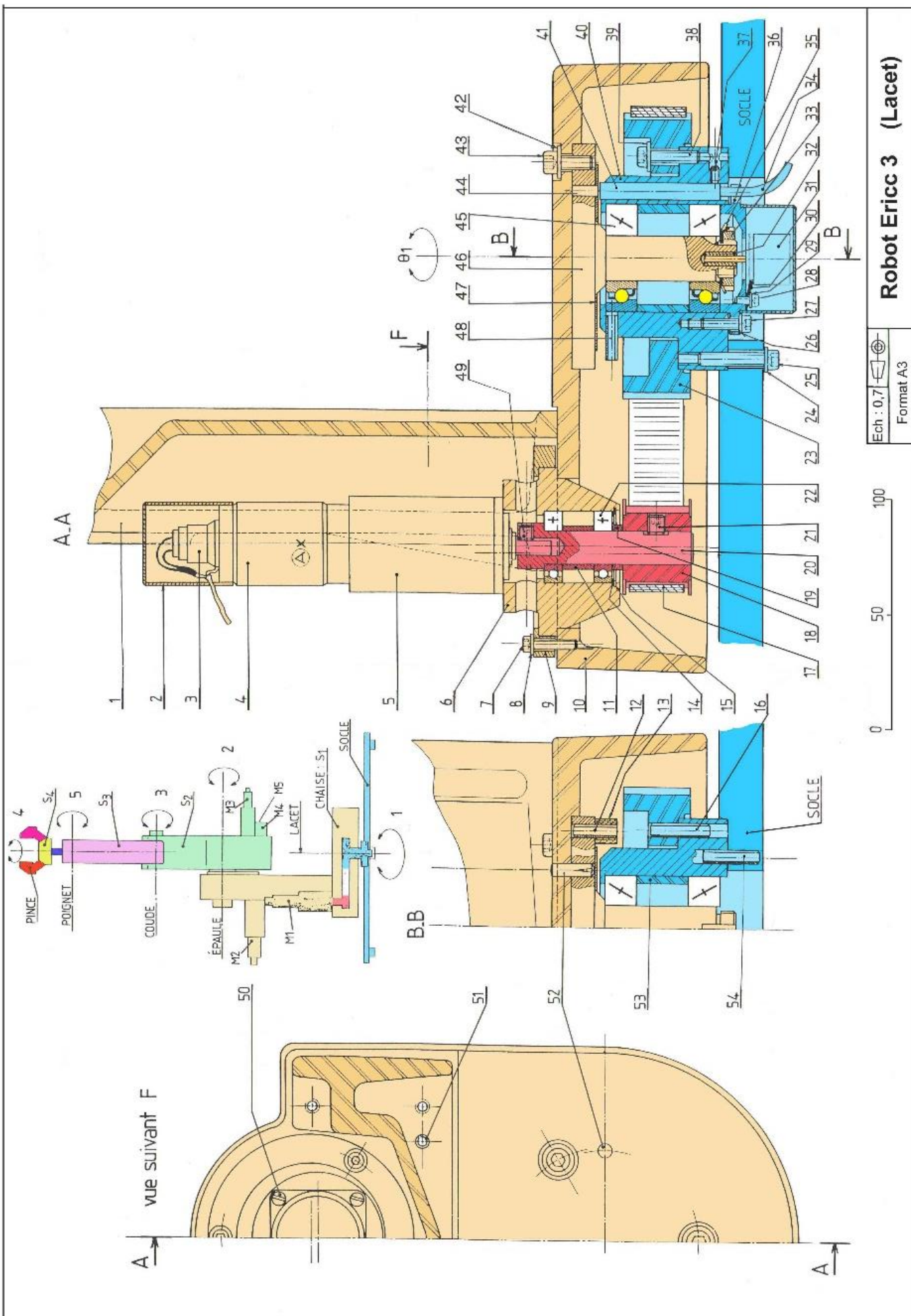
- Pignons crantés du moteur : AL34T10.12-2 de Binder Magnetic (12 dents)
- Couronne : Ref 200035B en AU4G (40 dents)
- Courroie crantée : 25T 10/500 de Synchroflex
- Roulements à billes : SKF 7204 B et SKF 160002
- Réducteur planétaire : Type 3 8/1, rapport de réduction = 66,220408/1

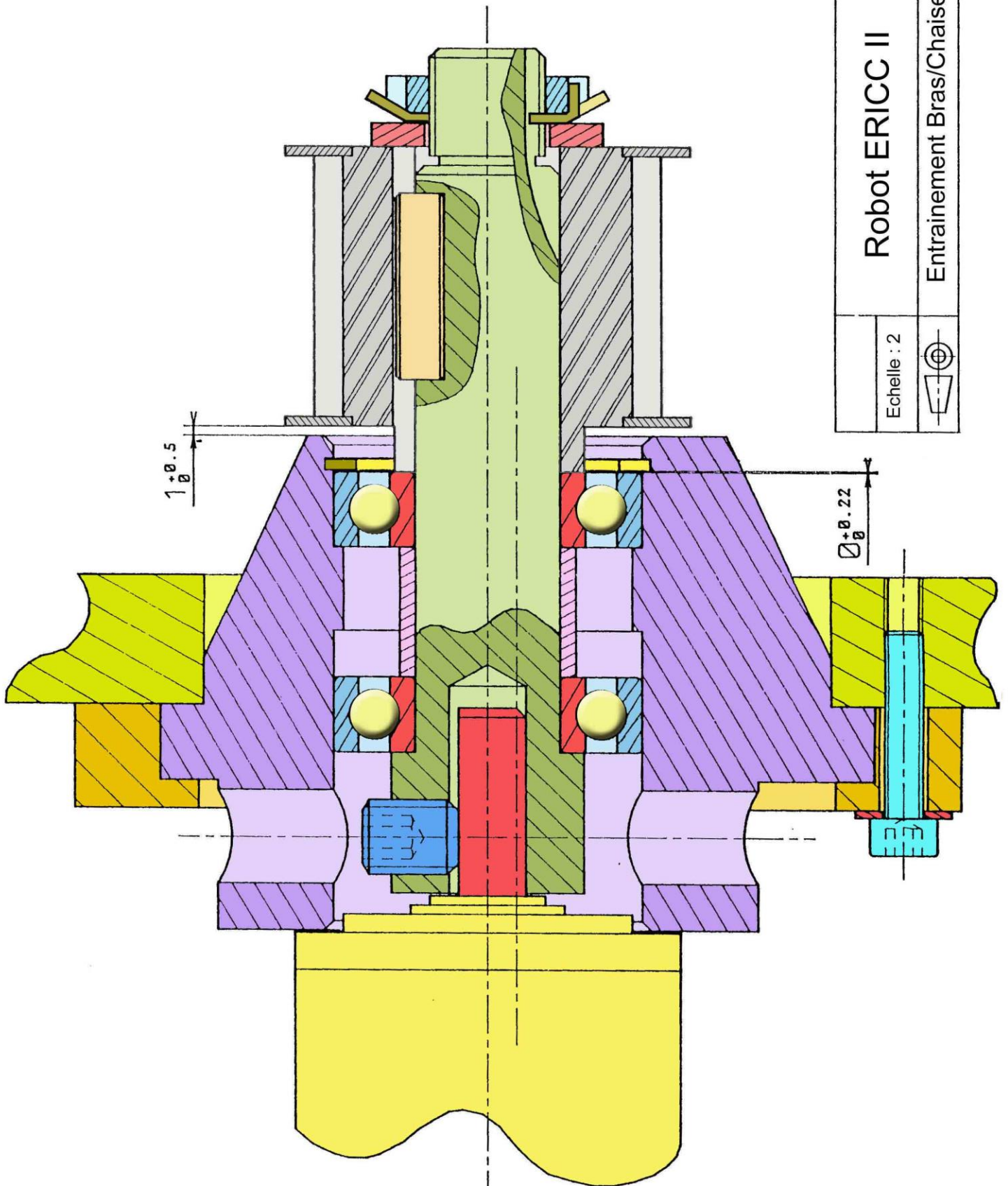


Eléments électriques :

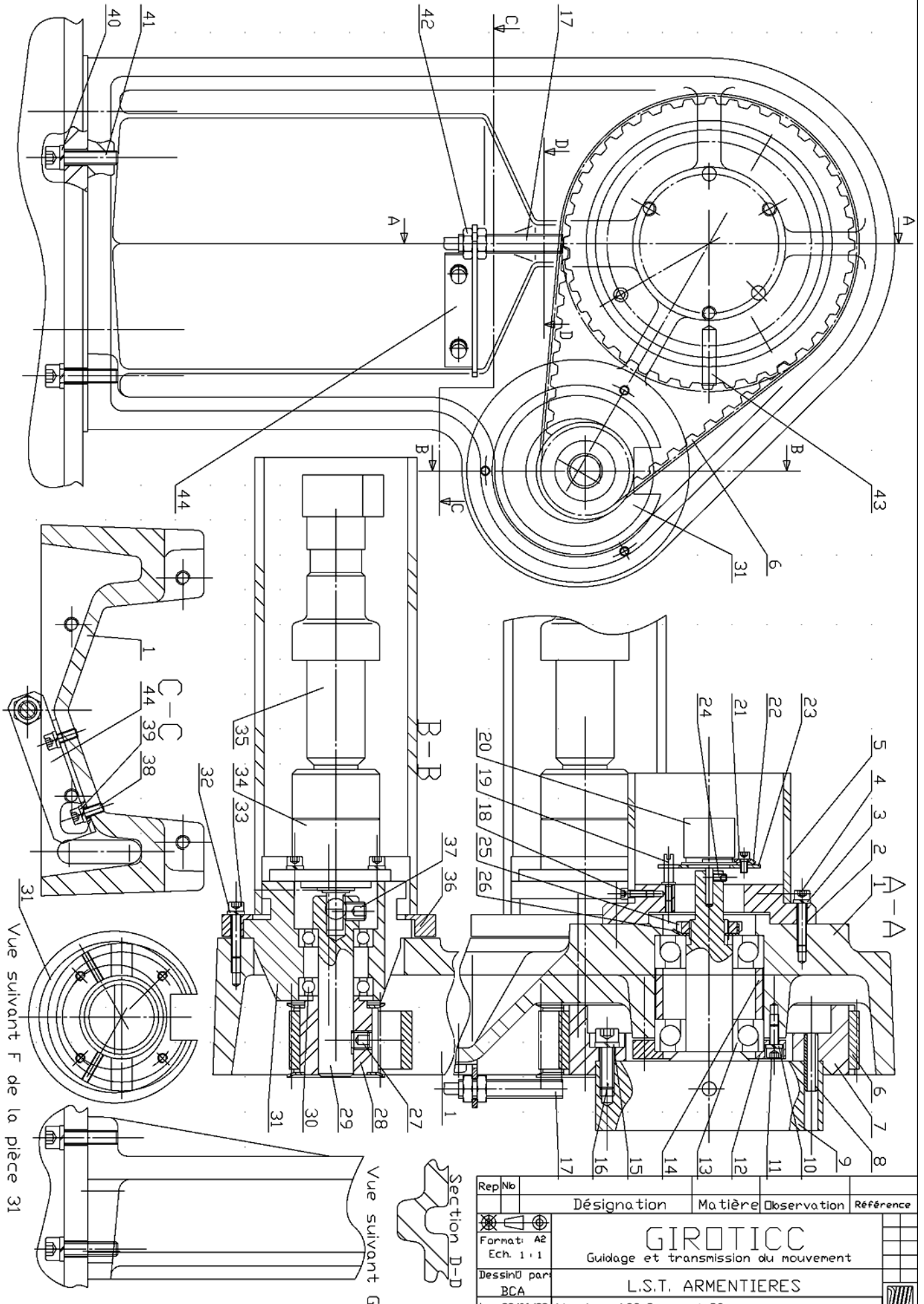
- Moteur : 3557K020CS de MiniMotor
- Génératrice : Type 2225 U4,3G9 (4,3 V/1000 tr/min) de MiniMotor
- Codeur (Génératrice d'impulsions) : Série HEDS 5010 de Hewlett Packard, 2 voies.

PLAN D'ENSEMBLE





Robot ERICC II	
Echelle : 2	
Entrainement Bras/Chaise	



Rep/No	Désignation	Matériau	Observation	Référence
Format: A2 Ech. 1:1	GIROTICC Guidage et transmission du mouvement			
Dessiné par: BCA	L.S.T. ARMENTIERES			
Le 28/06/98	Version : 1.32 Document D2			