

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE
Option Génie Electrotechnique

SESSION 1996

Epreuve: Etude des constructions

Durée : 4 heures

Coefficient : 6

ROBOT NOKIA R350

AUCUN DOCUMENT AUTORISE
(y compris les guides couramment utilisés)

MOYENS DE CALCULS AUTORISES:

Calculatrice électronique de poche, y compris calculatrice programmable et alphanumérique à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire N°86.228 du 26 Juillet 1986.

L'ensemble des documents "réponse" dispense de l'utilisation, par le candidat, de feuilles de copie qui reste cependant autorisée.

Tous les documents "réponse" (TD9 à TD16) sont à remettre en fin d'épreuve.

COMPOSITION DU SUJET

DOSSIER TECHNIQUE

- Présentation générale DT1
- Schéma cinématique spatial du Robot DT2
- Dessin d'implantation des motoréducteurs (1) et (3) DT3
- Mécanisme de levage DT4
- Nomenclature DT5

DOSSIER RESSOURCES

- Document technique sur les clavettes et sur les anneaux élastiques DR1

DOSSIER TRAVAIL DEMANDE

TD1 à TD16

1^{ERE} PARTIE : Analyse du fonctionnement du robot

2^{EME} PARTIE :

A)-Etude de la motorisation du mouvement de translation rectiligne horizontale

B)-Etude de la motorisation du mouvement de translation rectiligne verticale

3^{EME} PARTIE : Etude du mécanisme de levage
(mouvement de translation rectiligne verticale)

DOSSIER TECHNIQUE

Ce dossier comporte 5 documents numérotés de DT1 à DT5.

- DT1: Présentation générale
- DT2: Schéma cinématique spatial du Robot
- DT3: Dessin d'implantation des motoréducteurs (1) et (3)
- DT4: Mécanisme de levage
- DT5: Nomenclature

PRESENTATION DU ROBOT NOKIA R350

1 - Fonction du système :

Le système étudié est un robot de marque NOKIA (Finlande) installé dans la société SILEC en région parisienne afin de transporter des bobines de câbles électriques (120 par heure) de l'aire de bobinage à l'aire de stockage et de cette dernière vers les dévidoirs de câbles.

Commandé par un ordinateur central, il assure donc le contrôle et le stockage des bobines pleines venant des bobineuses (qui enroulent le câble sur les bobines vides) puis la sélection et la distribution des bobines pleines vers les câbles (qui assemblent les câbles de plusieurs bobines pleines).

2 - Description du système :

Le robot possède cinq degrés de mobilité (voir documents DT2 et TD9) :

■ trois degrés de mobilité associés au déplacement du robot

- Associé à un mécanisme de transformation de mouvement (galet (19) et rail (0)), un ensemble intégré, motoréducteur-frein électromagnétique (1) à courant continu permet au robot d'effectuer **la translation rectiligne horizontale d'axe ($O_0, x_0, \vec{}$)**, notée T_{x_0} , par rapport au rail (0) **(voir document DT3)**.

- Associé à un mécanisme de transformation de mouvement (pignons (13) et chaînes(16)), un ensemble intégré, motoréducteur-frein électromagnétique (3) à courant continu, permet d'effectuer le levage du sous-ensemble (S_1):{coulisseau (22), bâti porte-pince(24), porte-pince (25), pince (26)} suivant un mouvement de **translation rectiligne verticale d'axe ($G_1, z_0, \vec{}$)**, notée T_{z_0} , par rapport à la colonne (21) **(voir documents DT3 et DT4)**.

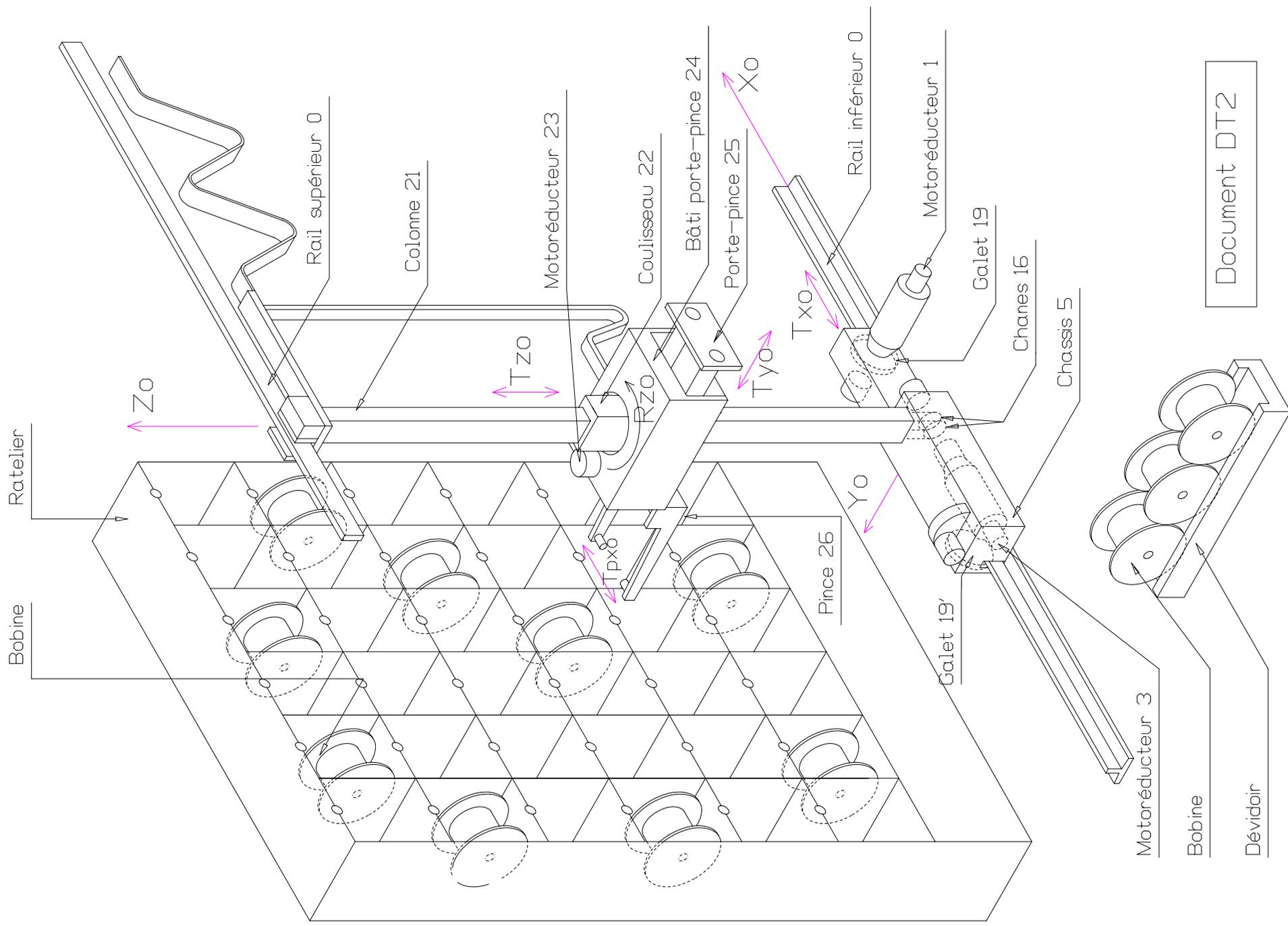
- Associé à un mécanisme de transmission (pignon, chaîne et couronne) **non représenté**, un motoréducteur (23) triphasé (moteur asynchrone et réducteur), permet au sous-ensemble (S_2): {bâti porte-pince (24), porte-pince (25), pince (26)} d'effectuer **une rotation d'axe ($G_2, z_0, \vec{}$)**, notée R_{z_0} , par rapport au coulisseau (22).

■ deux degrés de mobilité associés au mécanisme de préhension des bobines (qui ne fera pas partie de l'étude) intégré au robot

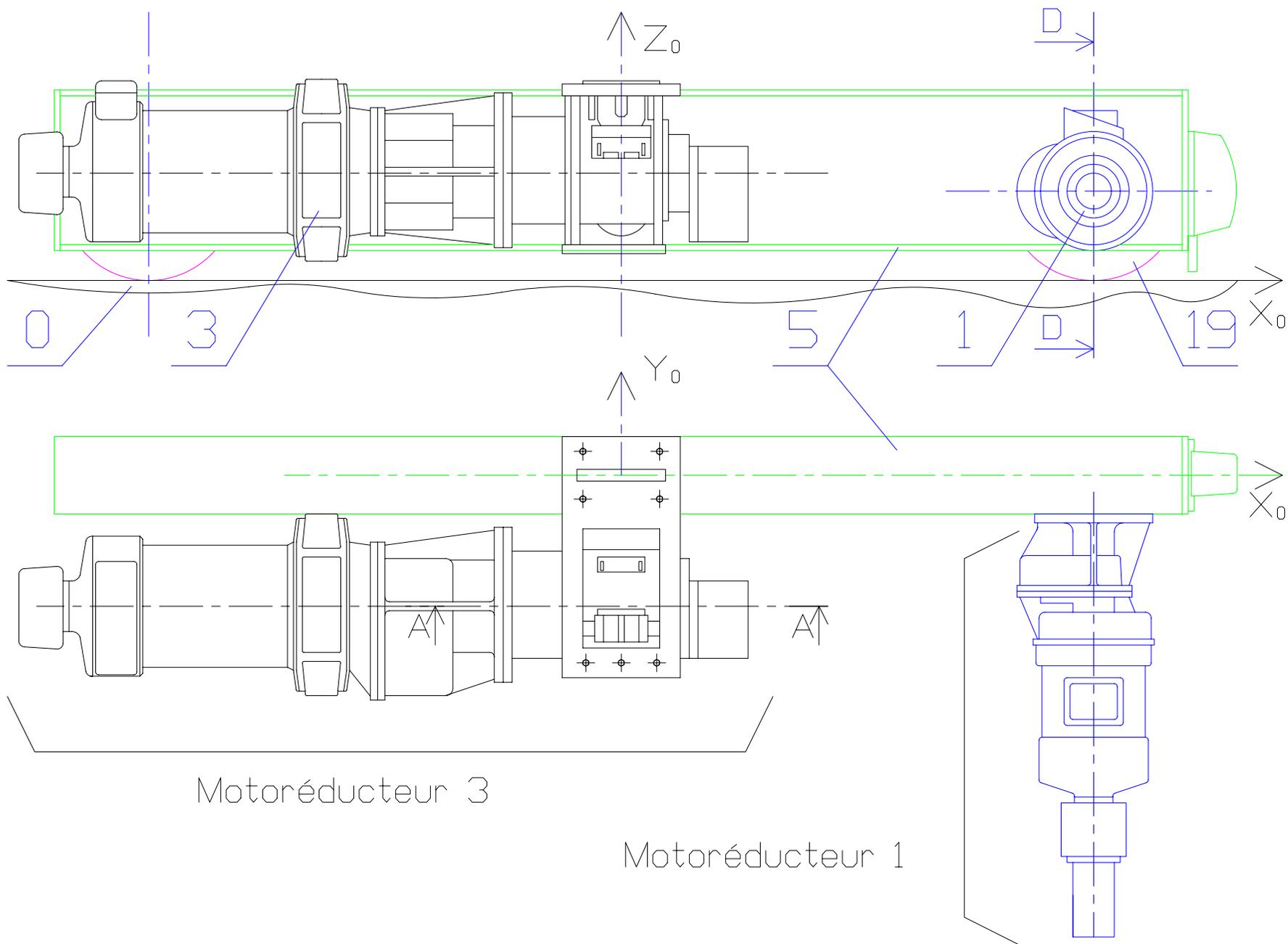
- Un premier vérin hydraulique permet au sous-ensemble (S_3): {porte-pince (25), pince (26)} d'effectuer **une translation rectiligne horizontale d'axe ($G_3, y_0, \vec{}$)**, notée T_{y_0} , (sortie ou rentrée du porte-pince (25)) par rapport au bâti porte-pince (24).

- Un second vérin hydraulique permet aux deux bras de la pince (26) d'effectuer simultanément **une translation rectiligne horizontale d'axe (G_4 ou $G_5, x_0, \vec{}$)**, notée T_{p,x_0} , (ouverture ou fermeture de la pince (26)) par rapport au porte-pince (25).

ROBOT "NOKIA R350"



Implantation des Motoréducteurs



Motoréducteur 3

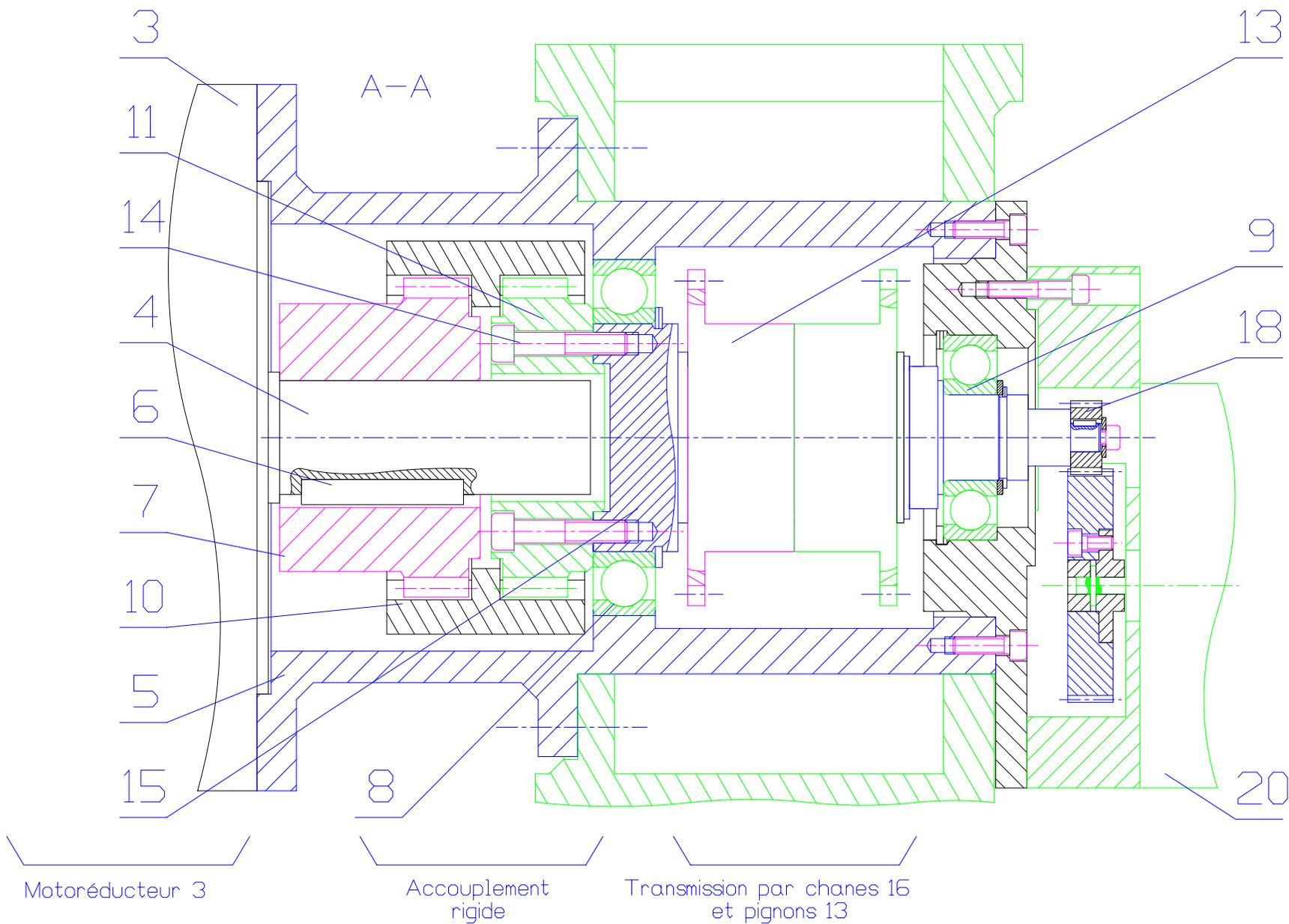
Motoréducteur 1



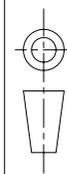
DT3

ROBOT NOKIA R350

Mécanisme de levage (Translation rect. verticale d'axe O, z) \rightarrow



Ech. 1:2



DT4

ROBOT NOKIA R350

26	1	Pince	E295	
25	1	Porte-pince	E295	
24	1	Bâti porte-pince	S235	mécano-soudé
23	1	Motoréducteur		Bauer DK 740H/178
22	1	Coulisseau	C35	
21	1	Colonne	S235	mécano-soudé
20	1	Codeur		Nokia
19	2	Galet (d=240)	GE360	Nokia
18	1	Pignon		
17	2	Pignon de renvoi (d =50)	25CrMo4	
16	2	Chaîne (p=12,7)		Wippermann
15	1			
14	4			
13	2	Pignon (d =110)	25CrMo4	Nokia
12	1	Clavette		NF E 22-177
11	1			
10	1			
9	1	Roulement		SKF 6306-2RS
8	1	Roulement		SKF 6016-2Z
7	1			
6	1			
5	1	Châssis		
4	1	Arbre de sortie de (3)		
3	1	Motoréducteur (3,4 kW)		Bauer CVF 2A 23HZ
2	1	Arbre de sortie de (1)		
1	1	Motoréducteur (0,5 kW)		Bauer GFOA 20H/250
Repère	Nbre	Désignation	Matière	Observations
		ROBOT NOKIA R350		
		Nomenclature		

DOSSIER RESSOURCES

Ce dossier comporte 1 document numéroté DR1.

DR1: Document technique sur les clavettes et sur les anneaux élastiques.

DR1

TRAVAIL DEMANDE

Ce dossier comporte 16 documents numérotés de TD1 à TD16.

- TD1 : 1^{ERE} PARTIE : Analyse du fonctionnement du robot
A)- Analyse de la chaîne cinématique **(temps conseillé : 15 min)**
B)-Analyse d'un cycle du robot **(temps conseillé : 30 min)**
- 2^{EME} PARTIE
- A)-Etude de la motorisation du mouvement de translation rectiligne horizontale
- TD2 et TD3 : I)-Etude de la transmission par les galets (19) et le rail (0) (étude cinématique) **(temps conseillé : 50 min)**
- TD4 et TD5 : II)- Vérification du couple sur l'arbre de sortie (2) du motoréducteur (1) au démarrage (étude dynamique) **(temps conseillé : 40 min)**
- TD6 et TD7 : B)-Etude de la motorisation du mouvement de translation rectiligne verticale (calcul de puissance) **(temps conseillé : 30 min)**
- TD8 : 3^{EME} PARTIE : Etude du mécanisme de levage (mouvement de translation rectiligne verticale)
- A)-I)- Graphe de transmission **(temps conseillé : 15 min)**
A)-II)- Nomenclature **(temps conseillé : 10 min)**
B)- Réglage de la tension des chaînes **(temps conseillé : 25 min)**
C)- Réalisation d'un clavetage **(temps conseillé : 25 min)**
- TD9 : Document Réponse 1^{ERE} PARTIE A)
TD10 : Document Réponse 1^{ERE} PARTIE B)
TD11 : Document Réponse 2^{EME} PARTIE A)-I)
TD12 : Document Réponse 2^{EME} PARTIE A)-II)
TD13 : Document Réponse 2^{EME} PARTIE B)
TD14 : Document Réponse 3^{EME} PARTIE A)
TD15 : Document Réponse 3^{EME} PARTIE B)
TD16 : Document Réponse 3^{EME} PARTIE C)
- A RENDRE EN FIN D'EPREUVE**

IL est conseillé de commencer l'épreuve par la 1^{ERE} PARTIE A).

Les 3 parties sont indépendantes.

Dans chaque partie, les sous-parties A), B), C) sont également indépendantes.

1^{ERE} PARTIE : ANALYSE DU FONCTIONNEMENT DU ROBOT NOKIA R350

A)-ANALYSE DE LA CHAINE CINEMATIQUE DU ROBOT

Sur le document TD9, on a représenté le schéma cinématique spatial du robot conformément aux degrés de mobilités observés **sur le document DT2**.

On demande de répondre à la question suivante sur le document TD9.

Question :

- 1)- Compléter la numérotation du schéma cinématique spatial représenté **sur le document TD9 à l'aide du document DT2**.

B)-ANALYSE D'UN CYCLE DU ROBOT

Sur le document DT2, on considère que la position du Robot NOKIA R350 est en regard d'une bobine qui vient d'être déposée.

Un nouveau cycle va pouvoir être effectué par le robot dont l'**état initial** du mécanisme de préhension est : **porte-pince (25) rentré, pince (26) ouverte**.

Le nouveau cycle se compose de la préhension d'une nouvelle bobine sur le dévidoir, de sa dépose dans le ratelier et du retour du mécanisme de préhension dans son état initial.

Pendant le cycle, on dissociera les phases de déplacement et de préhension.

Les degrés de mobilité liés aux déplacements s'effectuent simultanément.

Les bobines pleines, situées sur le dévidoir ou dans le ratelier, sont posés sur des surfaces planes.

On demande de répondre à la question suivante sur le document TD10.

Question :

- 1)- Donner, sous forme d'étapes successives, les degrés de mobilité que doit activer le robot afin de réaliser un cycle
(pour les phases de préhension, on précisera, en plus des mobilités, si le porte -pince (25) est rentré ou sorti et si la pince (26) est ouverte ou fermée).

2^{EME} PARTIE :

A)-ETUDE DE LA MOTORISATION DU MOUVEMENT DE TRANSLATION

RECTILIGNE HORIZONTALE D'AXE ($O_0, X_0, \vec{}$)

On effectue la vérification du motoréducteur (1) permettant d'entraîner le robot par le système galets (19)-rail (0) (**voir TD9**).

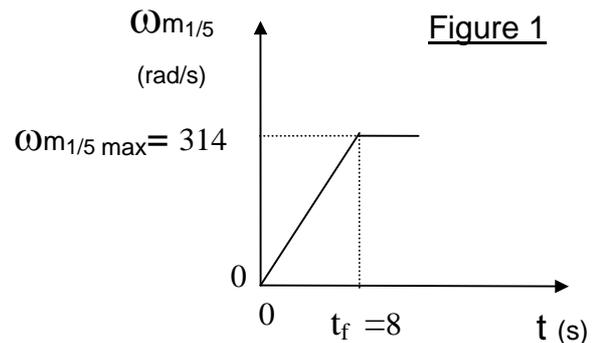
On considère que les autres mouvements sont bloqués.

Les sous-parties I) et II) sont indépendantes.

I)-Etude de la transmission par les galets (19) et le rail (0) (étude cinématique)

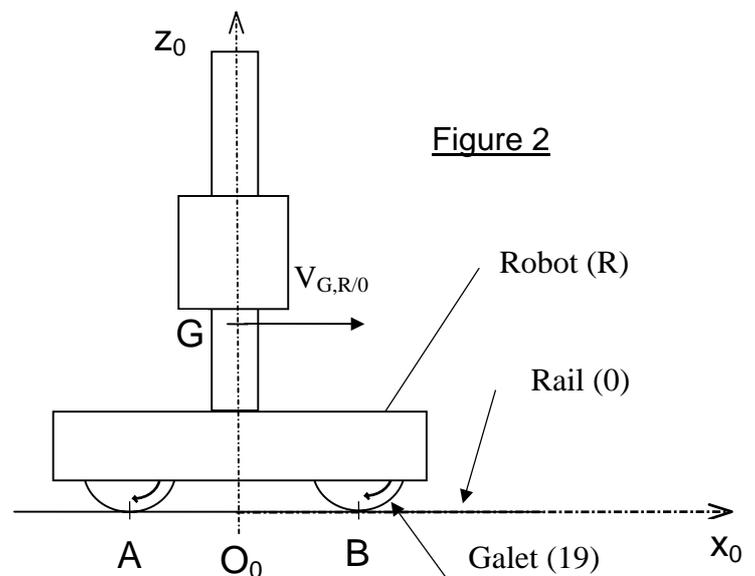
Hypothèses:

- Le mouvement de rotation de l'arbre moteur est uniformément accéléré au démarrage (on note $\omega_{m1/5}$ sa vitesse angulaire). Les caractéristiques de la phase d'accélération sont représentées ci-contre (fig.1).



- On suppose que le galet roule sans glisser au contact galet (19)-rail (0) (voir fig.2 ci-contre) .

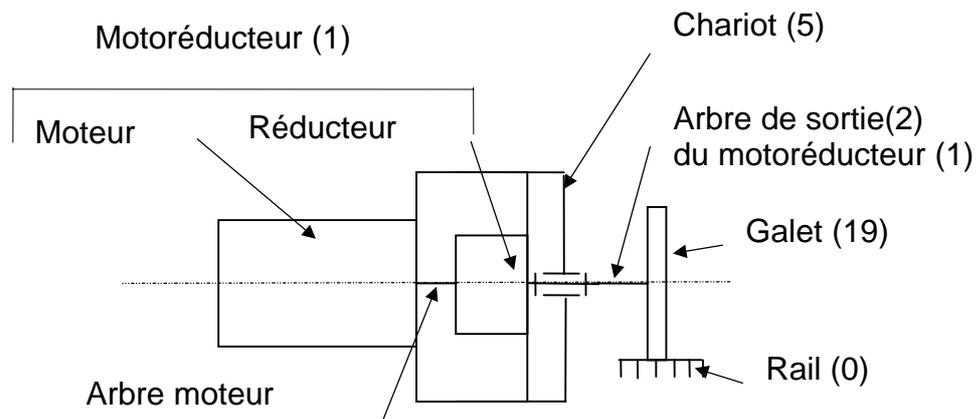
Les points A, B et G sont situés dans le plan ($O_0, x_0, \vec{}$, $z_0, \vec{}$); G, centre d'inertie du robot, est situé sur l'axe ($O_0, z_0, \vec{}$).



Données (voir fig.3):

- Rayon des galets : $R_{19} = 0,12$ m
- Rapport de réduction du réducteur : $K_1 = 1/36$
- On précise que $\omega_{2/5} = \omega_{19/5}$

Figure 3



On note : - $\omega, \dot{\omega}$, l'accélération angulaire, ω , la vitesse angulaire,
 - x , l'abscisse, v , la vitesse, a_t , l'accélération dans le mouvement de translation rectiligne

On note $\omega(t)$, $\dot{\omega}(t)$, $x(t)$, $v(t)$ et $a_t(t)$ les lois d'évolution de ω , $\dot{\omega}$, x , v et a_t au cours du temps.

On demande de répondre aux questions suivantes sur le document TD11. On précisera les unités utilisées.

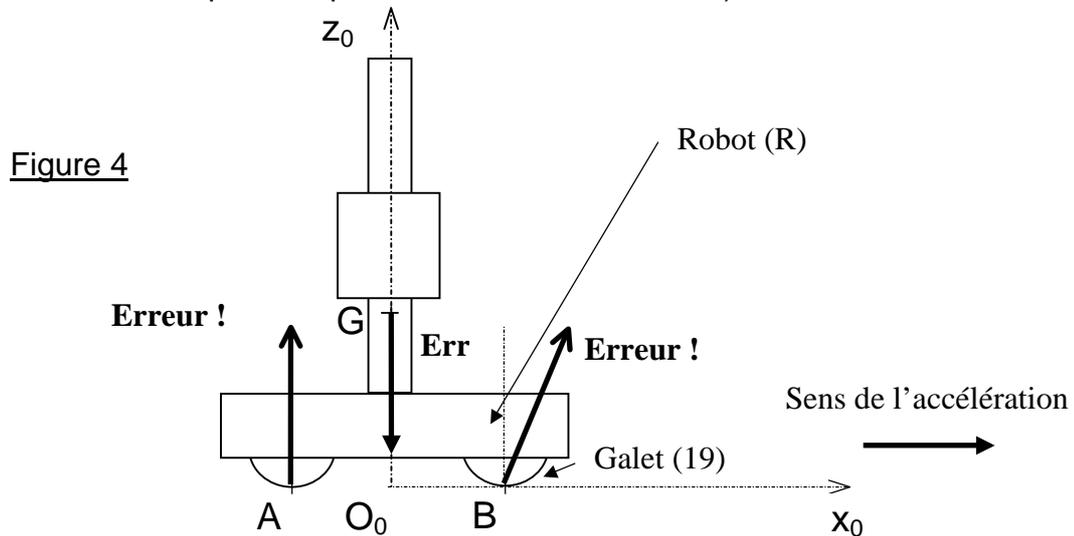
Questions :

- 1)- Exprimer $\dot{\omega}_{m1/5}$ en fonction de $\omega_{m1/5 \max}$ et de t_f puis effectuer l'application numérique (voir fig.1).
- 2)- En déduire $\omega_{m1/5} = \omega_{m1/5}(t)$.
- 3)- a)- Exprimer $\omega_{19/5}$ en fonction de $\omega_{m1/5}$ et de K_1 .
 b)- En déduire $\omega_{19/5} = \omega_{19/5}(t)$.
- 4)- a)- Exprimer v_{R/R_0} , en fonction de $\omega_{19/5}$ et de R_{19} en exprimant l'hypothèse de non glissement au contact galet (19)-rail (0) (voir figure 2).
 b)- En déduire $v_{R/R_0} = v_{R/R_0}(t)$. Calculer la valeur de $v_{R/R_0 \max}$.
- 5)- a)- D'après 4)- b), exprimer $a_{tR/R_0} = a_{tR/R_0}(t)$ (effectuer l'application numérique)
 b)- D'après 4)- b), exprimer $x_{R/R_0} = x_{R/R_0}(t)$ (on prendra $x_{R/R_0}(t=0) = 0$).
 Calculer la distance parcourue $x_{R/R_0 \max}$, au cours de cette phase d'accélération.

II)- Vérification du couple sur l'arbre de sortie (2) du motoréducteur (1) au démarrage (étude dynamique)

Hypothèses:

- Le système isolé est le robot. On suppose qu'il est équivalent à un système en translation rectiligne uniformément accélérée d'axe $(O_0, X_0, \vec{})$.
- Modélisation et bilan des actions mécaniques extérieures :
(le schéma ne tient pas compte des modules des forces)



- Action mécanique de la terre sur le robot (R) en G : $\mathbf{P}, \vec{} \mid \mathbf{0}, \mathbf{0}, P_z$
 - Action mécanique du rail (0) sur le galet (19') en A : $\mathbf{A} (0 \rightarrow 19'), \vec{} \mid \mathbf{0}, \mathbf{0}, A_z$
 - Action mécanique du rail (0) sur le galet (19) en B : $\mathbf{B} (0 \rightarrow 19), \vec{} \mid \mathbf{B}_x, \mathbf{0}, \mathbf{B}_z$
- Les actions en A et B sont des glisseurs. L'action du rail supérieur (0) sur le robot sera négligée.

Les points A, B et G sont situés dans le plan $(O_0, x_0, \vec{}, z_0, \vec{})$ où G est le centre d'inertie du robot. Le point D (centre du galet (19)) est situé sur l'axe $(B, z_0, \vec{})$ (voir fig.6)

Données :

- Masse du robot : $m_R = 2000 \text{ kg}$
- Accélération du champ de pesanteur terrestre : $\mathbf{g} = 9,81 \text{ m/s}^2$
- Rayon des galets : $R_{19} = 0,12 \text{ m}$
- On note :- \mathbf{C}_s , le couple entrainant l'arbre de sortie (2) du motoréducteur (1),
- \mathbf{C}_r , le couple résistant sur l'arbre de sortie (2) du motoréducteur (1).

On demande de répondre aux questions suivantes sur le document TD12.
On précisera les unités utilisées.

Questions :

- 1)- Préciser les composantes de \mathbf{P}_G ; effectuer l'application numérique.
- 2)- On applique le principe fondamental de la dynamique, en G, au robot dans le repère galiléen $(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$

On prendra $a_{tR/R_0} = 0,15 \text{ m/s}^2$ quelque soit la valeur trouvée au I)-5)-a).

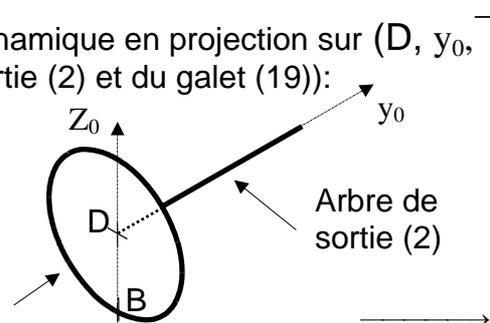
Exprimer l'équation de la résultante dynamique en projection sur (O_0, \vec{x}_0) à l'aide de la modélisation. En déduire la valeur de \mathbf{B}_x .

- 3)- On applique le principe fondamental de la dynamique à l'arbre de sortie (2) du motoréducteur (1) dans le repère galiléen $(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$.

On obtient ci-dessous l'équation du moment dynamique en projection sur (D, \vec{y}_0) (on néglige le moment d'inertie de l'arbre de sortie (2) et du galet (19)):

$$\mathbf{C}_s + \mathbf{C}_r = 0$$

Figure 5



a)- Exprimer $\mathbf{M}_{D(0 \rightarrow 19)}$: $\mathbf{L}, \mathbf{M} = \mathbf{C}_r, \mathbf{N}$ en fonction de $\mathbf{B}(0 \rightarrow 19)$, par le produit vectoriel.

b)- En déduire l'expression de \mathbf{C}_s ; effectuer l'application numérique.

B)-ETUDE DE LA MOTORISATION DU MOUVEMENT DE TRANSLATION

RECTILIGNE VERTICALE D'AXE ($O_0, Z_0, \vec{}$)

L'application du Théorème de l'énergie cinétique au système (S_1):{coulisseau (22), bâti porte-pince (24), porte-pince (25), pince (26)} a permis de déterminer la tension $T, \vec{}$ des chaînes (16) entraînant le système (S_1) en translation rectiligne verticale d'axe ($O_0, Z_0, \vec{}$) (**voir TD9**)

On obtient : $\mathbf{T, \vec{} \mid 0,0,T_z = 2000}$ (dont l'unité est le newton , notée N)

On effectue **le calcul de la puissance du moteur** permettant d'entraîner le système (S_1) par le mécanisme de transmission pignons (13)-chaînes (16) (**voir DT4**).

On considère que les autres mouvements sont bloqués.

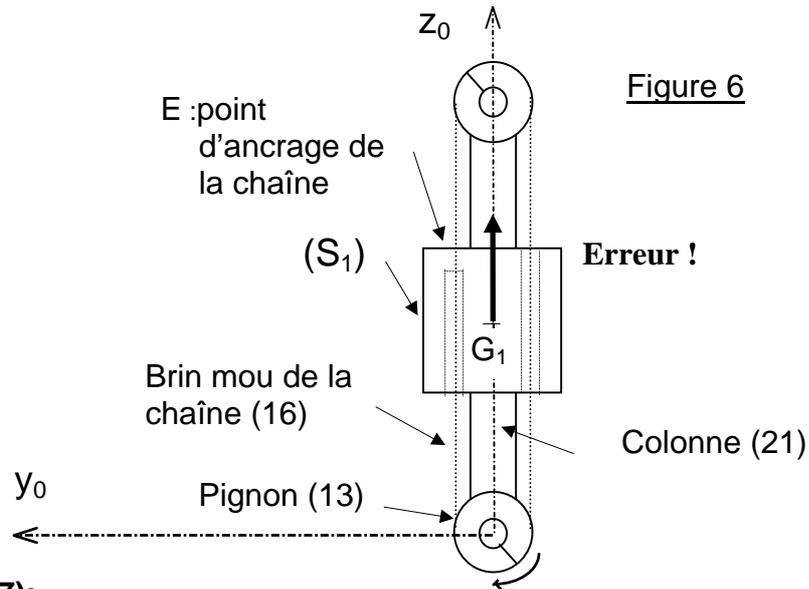


Figure 6

Données (voir figure 7):

- Vitesse d'entraînement des chaînes (16) : $V_C / R_0 = 0,48 \text{ m/s}$
- Vitesse angulaire de l'arbre moteur : $\omega_{m3/5} = 314 \text{ rad /s}$
- Rendement du réducteur : $\eta_r = 0,7$
- Rendement du système pignons (13) - chaînes(16) : $\eta_c = 0,9$.
- On note η_g le rendement global de la transmission.
- On note C_m , le couple sur l'arbre moteur .

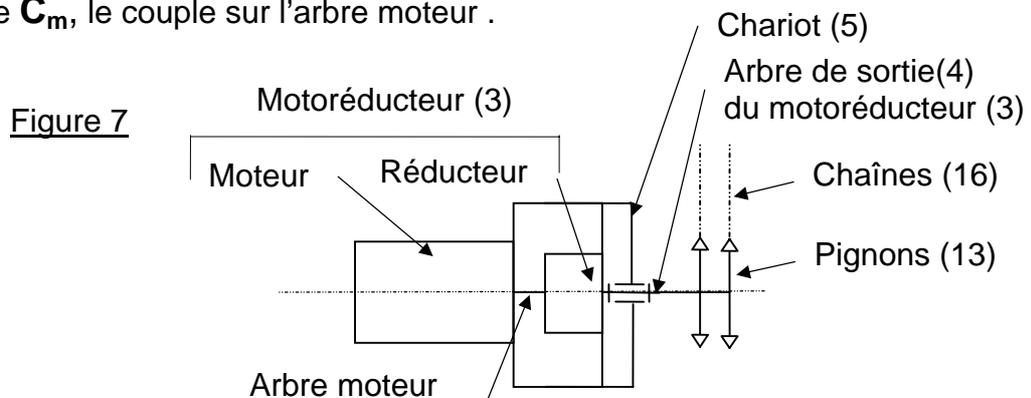


Figure 7

**On demande de répondre aux questions suivantes sur le document TD13
On précisera les unités utilisées.**

Questions :

- 1)- a)- Définir la puissance en sortie \mathbf{P}_u développée par les tensions $T, \vec{}$ des deux chaînes (16) en fonction de \mathbf{T}_z et de \mathbf{V}_{C/R_0} , dans le repère galiléen $R_0 (O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$. Effectuer l'application numérique.
 - b)- Définir la puissance motrice \mathbf{P}_m en fonction de \mathbf{C}_m et de $\mathbf{\Omega}_{m/5}$ dans le repère galiléen $R_0 (O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$.
- 2)- a)- Exprimer η_g en fonction de η_r et de η_c . Effectuer l'application numérique.
 - b)- En déduire \mathbf{P}_m en fonction de \mathbf{P}_u et de η_g . Effectuer l'application numérique.

3^{EME} PARTIE : ETUDE DU MECANISME DE LEVAGE (voir DT4)

(mouvement de translation rectiligne verticale d'axe $(G_1, z_0, \vec{\gamma})$)

On vérifie que les composants technologiques utilisés permettent de transmettre la puissance du motoréducteur (3) déterminée dans la 2^{EME} PARTIE B).

On demande de répondre aux questions suivantes sur les documents TD14, TD15 et TD16.

Questions :

A)- I)- Graphe de transmission de puissance

Compléter le graphe **sur le document TD14** en précisant les numéros des pièces qui permettent de transmettre le couple de l'arbre de sortie (4) du motoréducteur (3) et d'entraîner les chaînes (16).

II)- Nomenclature

Compléter la nomenclature **sur le document TD14** en précisant les noms des composants technologiques observés à la question précédente.

B)- Règlage de la tension des chaînes (16)

Sur le document TD15, concevoir une solution permettant de tendre le brin mou d'une chaîne (16) par un pignon de renvoi (17) et compléter le schéma cinématique plan en utilisant la représentation normalisée des transmissions par pignons et chaînes indiquée **sur le document TD15** et la schématisation normalisée des liaisons.

Représenter la position d'une chaîne (16) permettant son bon fonctionnement. Réaliser le guidage du pignon de renvoi (17) puis le réglage de sa position suivant la direction $(C, y_0, \vec{\gamma})$ (on pourra, par exemple, schématiser un système vis-écrou).

Le maintien en position du pignon de renvoi (17) ne sera pas représenté.

Données :

- diamètre des pignons de renvoi (17) : $d_{17} = 50 \text{ mm}$

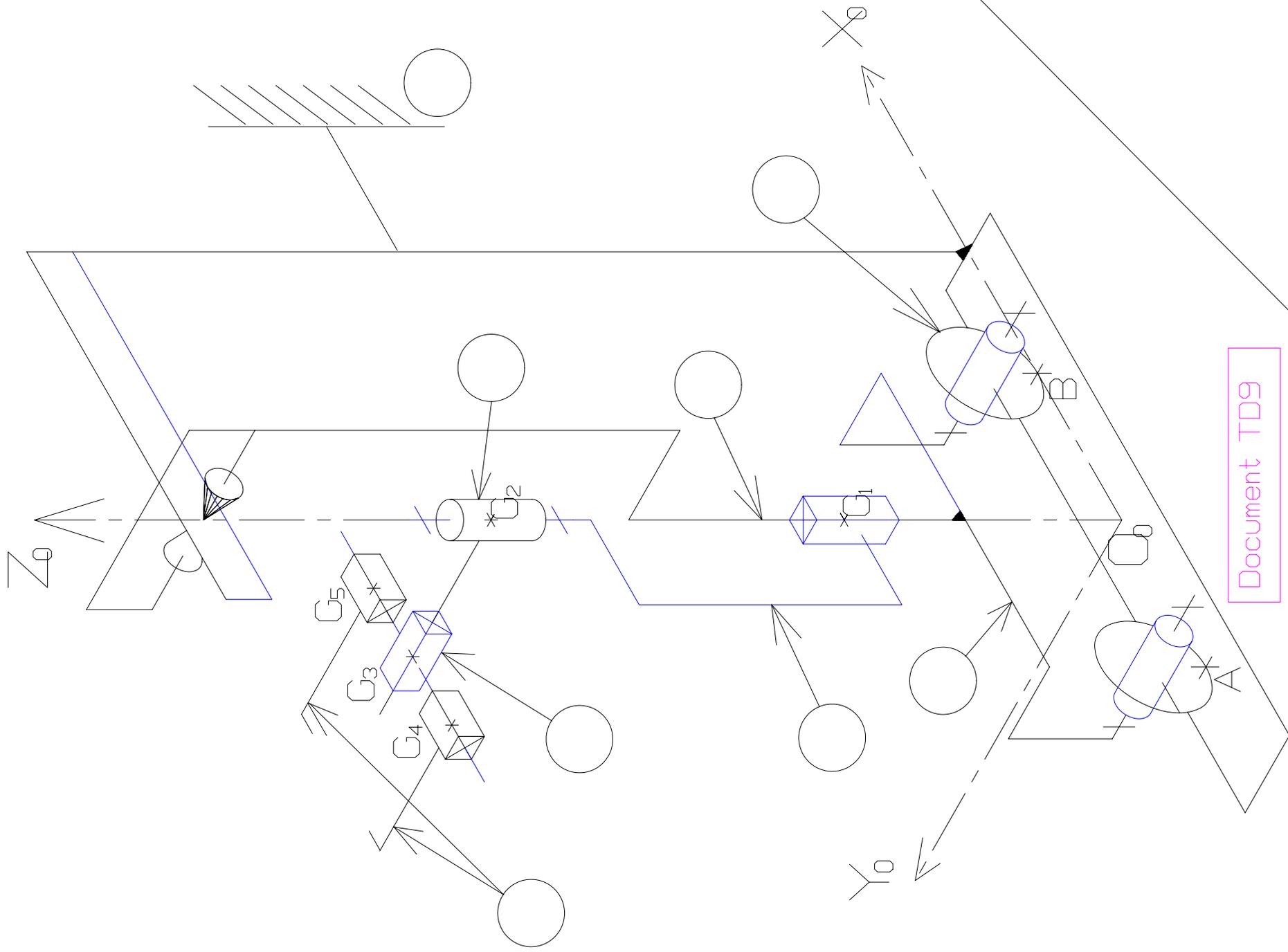
C)- Réalisation d'un clavetage

Sur le document TD16, concevoir la liaison complète entre les pignons (13) et l'arbre (15) par une clavette parallèle (NF E 22-177), repérée (12), un circlips et une rondelle d'appui plate (non normalisée).

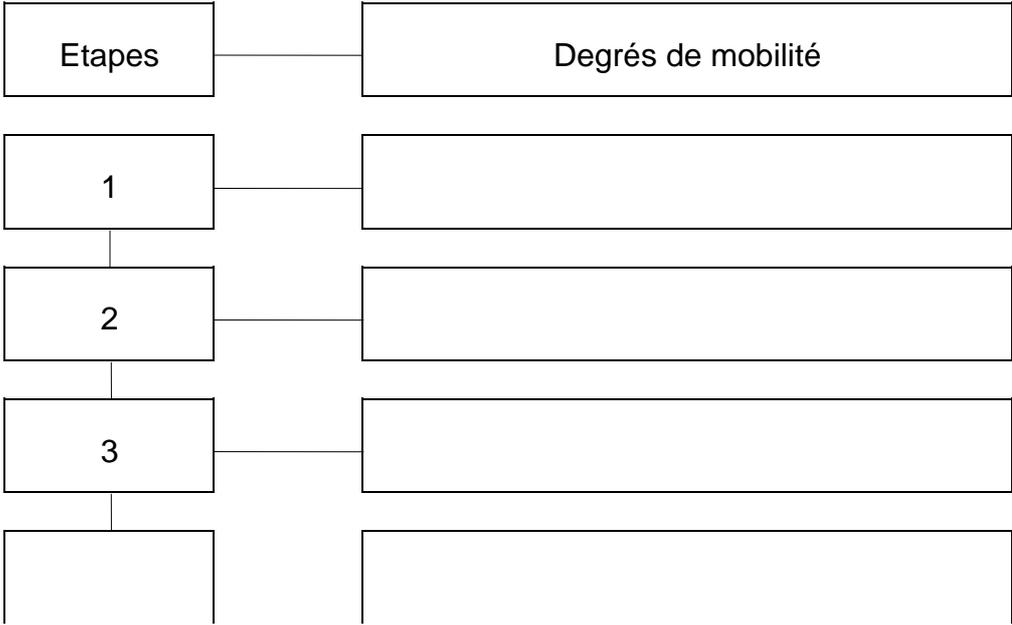
La longueur L de la clavette (12), permettant de transmettre le couple aux pignons (13), est de **60 mm**.

Réaliser la liaison en coupe **A-A** et dans la section **C-C** en utilisant **le document DR1** pour déterminer les dimensions de la clavette.

Schéma cinématique spatial du robot NOKIA R350



B)-ANALYSE D'UN CYCLE DU ROBOT



2^{EME} PARTIE :

A)-ETUDE DE LA MOTORISATION DU MOUVEMENT DE TRANSLATION

RECTILIGNE HORIZONTALE D'AXE (O_0, X_0, \vec{x})

I)- Etude de la transmission (étude cinématique)

1)

A.N. :

2)

3)-a)

3)-b)

4)-a)

4)-b)

A.N. :

5)-a)

A.N. :

5)-b)

A.N. :

II)- Vérification du couple sur l'arbre de sortie (2) du motoréducteur (1) au démarrage (étude dynamique).

On prendra $a_{tR/R_0} = 0,15 \text{ m/s}^2$ quelque soit la valeur trouvée au I)-5)-a).

1)

$P, \vec{\quad} | \dots$

A.N. : $P, \vec{\quad} | \dots$

2)

A.N. :

3)-a)

$\square_{D(0 \rightarrow 19)}, \vec{\quad} =$

$\square_{D(0 \rightarrow 19)}, \vec{\quad} : | L, M = C_r, N = | \dots \quad \wedge \quad | \dots =$

| \dots

3)-b)

A.N. :

2^{EME} PARTIE :

B)-ETUDE DE LA MOTORISATION DU MOUVEMENT DE TRANSLATION

RECTILIGNE VERTICALE D'AXE (O_0, Z_0, \vec{z}_0)

Détermination de la puissance du moteur dans le repère galiléen $R_0 (O_0, x_0, \vec{x}_0, y_0, \vec{y}_0, z_0, \vec{z}_0)$

1)-a)

A.N. :

1)-b)

2)-a)

A.N. :

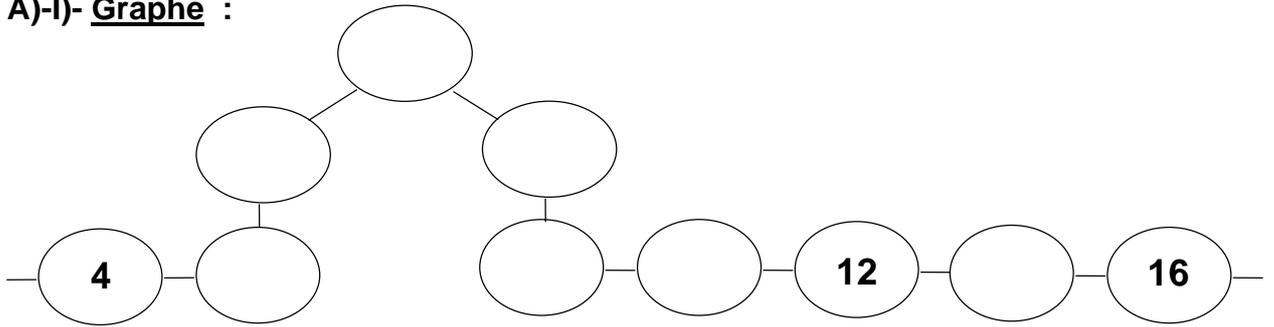
2)-b)

A.N. :

3^{EME} PARTIE : ETUDE DU MECANISME DE LEVAGE

(mouvement de translation rectiligne verticale d'axe $(G_1, z_0, \vec{\gamma})$)

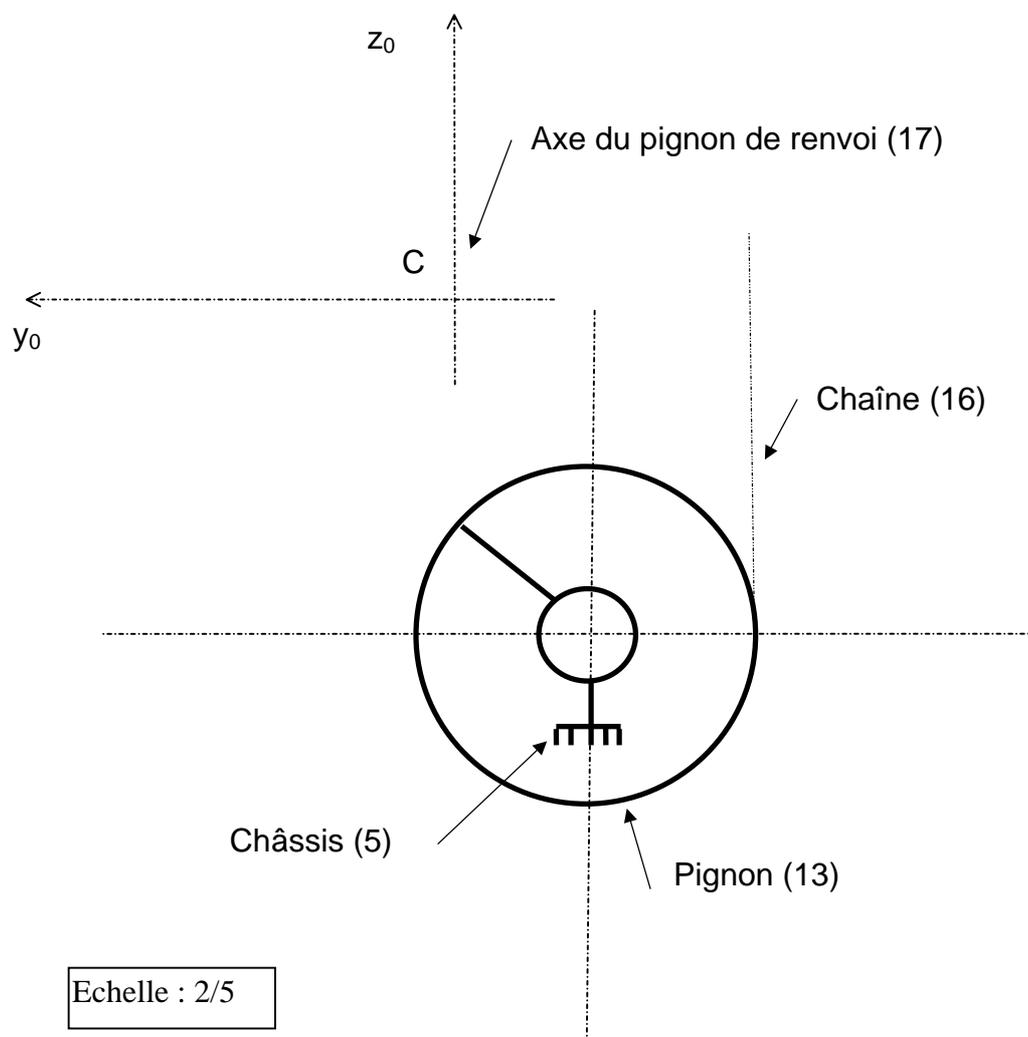
A)-I)- Graphe :



A)-II)- Nomenclature :

17	2	Pignon de renvoi (d =50)	25CrMo4	
16	2	Chaîne (p=12,7)		Wippermann
15	1			
14	4			
13	2	Pignon (d =110)	25CrMo4	Nokia
12	1	Clavette		NF E 22-177
11	1			
10	1			
9	1	Roulement		SKF 6306-2RS
8	1	Roulement		SKF 6016-2Z
7	1			
6	1			
5	1	Châssis		
4	1	Arbre de sortie de (3)		
3	1	Motoréducteur (3,4 kW)		Bauer CVF 2A 23HZ
Repère	Nbre	Désignation	Matière	Observations
		ROBOT NOKIA		
		Nomenclature partielle		

B)- Règlage de la tension des chaînes (16)

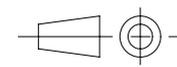
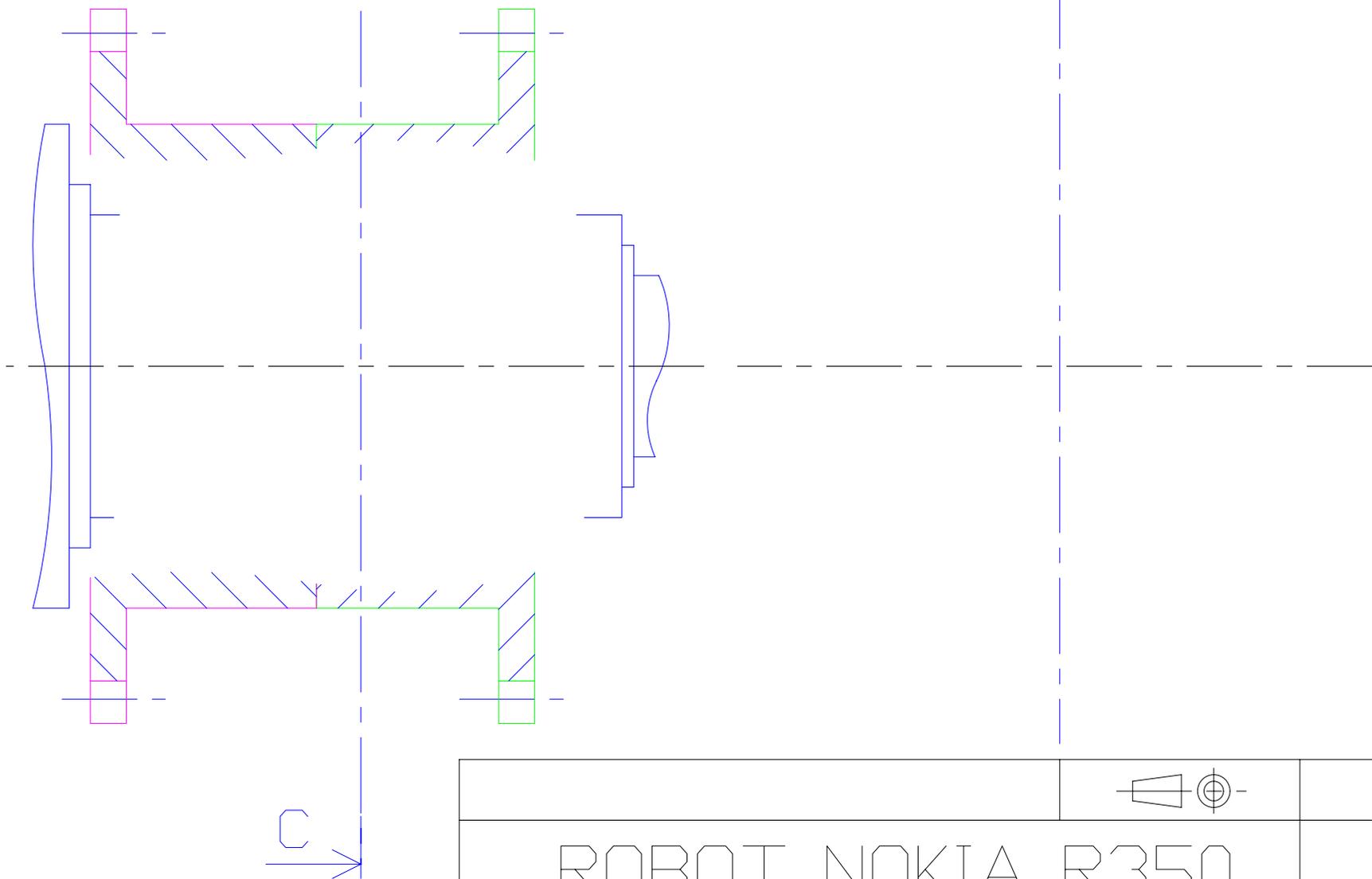


Echelle : 2/5

A-A

C

C-C



Ech. 1:1

ROBOT NOKIA R350

TD16