Concours National Commun (CNC), Maroc

Session 2016, filière TSI

Technologies et sciences industrielles : génie mécanique

Ce que traite le sujet

- Présentation du système
- Partie I. Etude comportementale et structurelle
- Partie II. Etude cinématique de l'ensemble module de transfert et module de séparation
- Partie III. Etude de la résistance de l'axe (9)
- Partie IV. Etude de la pompe hydraulique à cylindrée auto-réglable
- Partie V. Validation de choix du roulement (5)
- Partie VI. Analyse de spécification géométrique

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/cnc/tsi/2016/genie-mecanique

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

SYSTEME DE DISTRIBUTION AUTOMATIQUE DE BARRES : DISTRIBAR

Présentation du système:

Le rôle de ce dispositif automatisé, est de stocker, séparer et distribuer en familles de pièces des barres ou des tubes entrant dans la fabrication de radiateurs de chauffage central. Ces barres ou tubes, de divers matériaux, sont de diamètre compris entre 10 mm et 60 mm et de longueur comprise entre 200 mm et 1200 mm.

Placé entre une unité de débit et une unité de production, ce système de distribution de barres comprend trois modules : **(voir documents 1, 2 et 3 pages : 12,13 et 14)**.

- un MODULE DE CHARGEMENT composé d'un bac tampon recevant les barres ou tubes de l'unité de débit et d'un manipulateur transférant les barres depuis le bac jusque sur le module de transfert.

- un MODULE DE TRANSFERT ayant pour rôle de transférer les barres jusqu'au module de séparation.

- un MODULE DE SEPARATION qui fournit les barres une à une au processus de production à l'aide d'un plateau à encoche, et ce, à la cadence de fonctionnement demandée.

Afin d'alimenter plusieurs unités de production situées à des hauteurs différentes, l'ensemble formé par le MODULE DE TRANSFERT et le MODULE DE SEPARATION peut basculer autour de l'axe X.
Cet ensemble est contrôlé par un automate programmé en logique séquentielle.

Le sujet comporte **6 parties** d'étude pouvant être traitées indépendamment.

- **Partie I :** étude comportementale et structurelle du système DISTRIBAR.
- **Partie II :** cinématique graphique des modules de transfert et de séparation.
- **Partie III :** étude de la résistance de l'axe n°9.
- **Partie IV :** étude cinématique et dynamique de la pompe à pistons axiaux
- **Partie V :** étude de la durée de vie des roulements à billes.
- **Partie VI :** analyse d'une spécification géométrique de la plaque de retenue 5.

Partie I. Étude comportementale et structurelle :

Q1°. Sur le document réponse **DR1 (Figure R1, page 20),** compléter le diagramme des cas d'utilisation du système Distribar.

On donne le diagramme de définition de blocs internes du module de chargement (**Document 8 page18**) .

Q2°. Sur le document réponse **DR2 (page 21)**, compléter le diagramme représentant l'architecture de la chaîne d'information et de la chaîne d'énergie du module de chargement.

Partie II. Étude cinématique de l'ensemble module de transfert et module de séparation :

Objectif : Déterminer, **graphiquement,** la vitesse du point E

Il a pour rôle de transférer les barres jusqu'au module de séparation, il comprend un support mobile (4), un tapis roulant compartimenté, monté sur(4), un vérin hydraulique (5, 6) et d'un plateau encoche (7).

On s'intéresse au mouvement du support mobile (4), commandé par le vérin hydraulique. **(voir document 1, page 12)**.

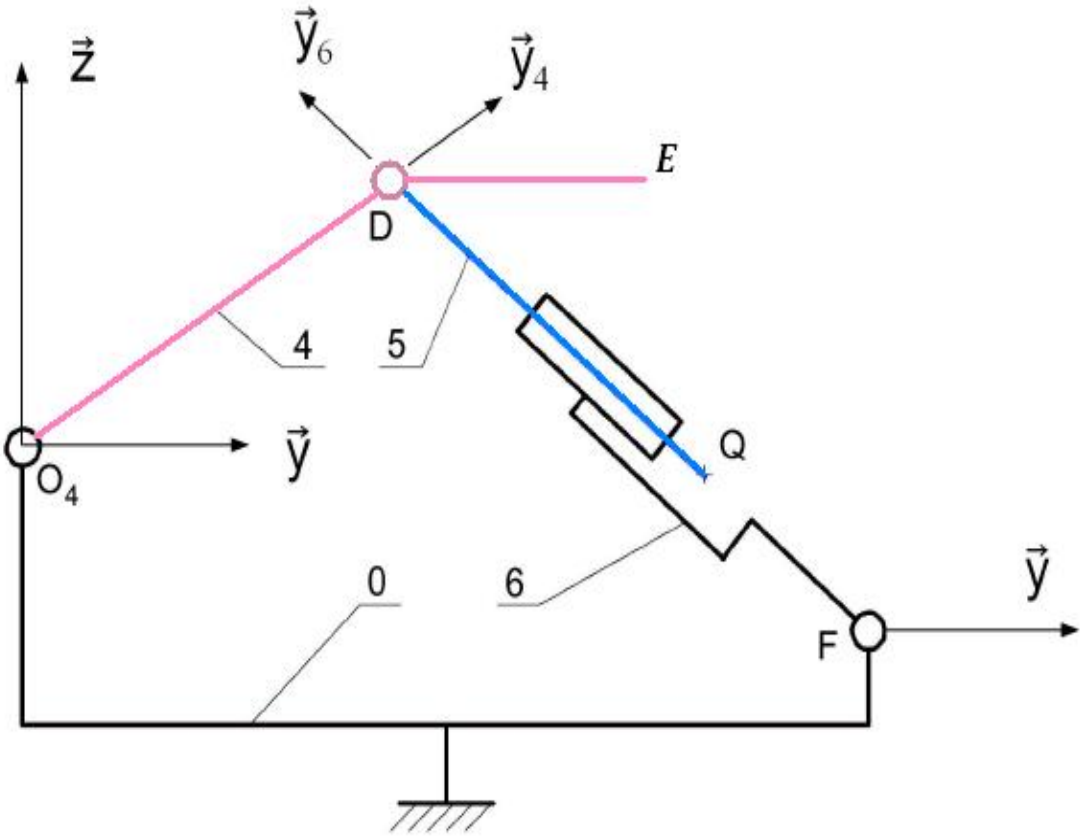


Figure 1 : Schéma du module de transfert

Classes d'équivalence :

0 : bâti ; 4 : support mobile ; 5 : piston du vérin ; 6 : Corps du vérin

Définition des liaisons :

Liaison [4/0] : liaison pivot d'axe $(O_4,\vec{x})$;

Liaison [4/5] : liaison pivot d'axe $(D,\vec{x})$;

Liaison [5/6] : liaison pivot glissant de direction $\overrightarrow{y_5}=\overrightarrow{y_6}$;

Liaison [6/0] : liaison pivot d'axe $(F,\vec{x})$;

Remarque : aux solides (5) et (6) sont attachés deux repères, avec FD dirigé par $\overrightarrow{y_5}=\overrightarrow{y_6}$

Données : O_4D = d = 400 mm ; $\overrightarrow{DE}=m\overrightarrow{y_4}-n\vec{z}$ avec m = 215 mm et n = 280 mm

Pour gérer le module de séparation, il est nécessaire de connaître la vitesse du centre **E**. Ce point appartient au support mobile.

On considère le support mobile(4) dans la position de la **figure R2** du document réponse **DR1(Page 20)**.

- La vitesse de **sortie** du vérin hydraulique (5, 6) est de **0,14 m.s^{-1}**
- Les justifications seront faites sur votre copie de rédaction
- Les liaisons sont supposées parfaites.

L'étude est faite dans le plan $(O_4,\vec{y},\vec{z})$, les constructions graphiques seront faites sur le **document réponse DR1 figure R2 (Page 20)** et les justifications sur votre copie.

Q3°. Représenter, à l'échelle proposée, le vecteur vitesse $\vec{V}(D,5/6)$

Q4°. Par composition des vitesses en D, écrire la relation entre les vecteurs vitesses $\vec{V}(D,5/6)$, $\vec{V}(D,4/0)$ et $\vec{V}(D,6/0)$**.**

Q5°. Déterminer $\vec{V}(D,4/0)$.

Q6°. Tracer la direction de $\vec{V}(E,4/0)$.

Q7°. Déterminer la norme de $\vec{V}(E,4/0)$.

Partie III. Étude de la résistance de l'axe (9) :

La liaison pivot entre le corps (6) du vérin hydraulique et les pattes de fixation du chassis (0) est réalisée par l'intérmédiaire de l'axe (9) de diamètre **10mm (voir figure 2 ci-dessous)**.Cet axe est soumis à un effort de cisaillement $\|\overrightarrow{F_{6/9}}\|=3100N$

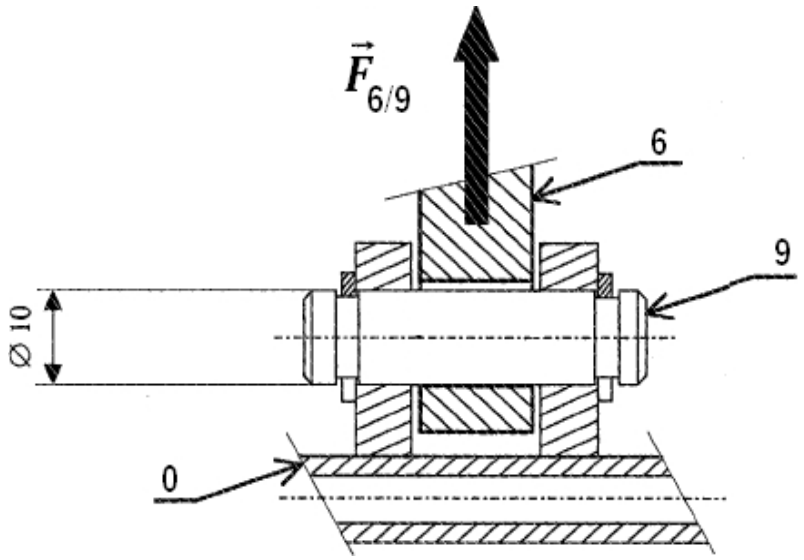


Figure 2 : Liaison pivot entre (6) et (0)

Q8°. Calculer la contrainte de cisaillement τ.

Sachant que la matière utilisée pour l'axe (9) est de l'acier **S235** , avec un coefficient de sécurité **s=5**.

Q9°. Que signifie la désignation **S235.**

On donne la contrainte tangentielle de limite élastique de cet acier $\tau_e = 117.5$ MPa.

Q10°. Vérifier la résistance de l'axe (9) et justifier votre réponse.

Partie IV. Étude de la pompe hydraulique à cylindrée auto-réglable

Description et fonctionnement

La pompe hydraulique, dont le plan d'ensemble **(document 4 page 15)** et la nomenclature **(document 5 page 16)** sont donnés, est principalement constituée :

- d'un barillet (12-1) entraîné en rotation par l'arbre cannelé (7), de neuf ensembles pistons-patins (12-2)/(12-3), d'une plaque d'appui (12-4) fixe par rapport à l'étrier (10) dont l'inclinaison détermine la cylindrée de la pompe en provoquant le mouvement des pistons dans le barillet,

- d'un carter de distribution (2) qui permet la circulation du fluide grâce aux orifices d'admission et de refoulement,

- d'un ensemble compensateur (30) dont le tiroir (30-1) est soumis à l'effort du ressort de tarage (30-2) d'une part et à la pression de refoulement par le passage A d'autre part. Au démarrage, l'étrier (10) est maintenu par le piston de retenue (25) en position cylindrée maximale. Cet ensemble compensateur (30) ne fait pas l'objet de l'étude.

Caractéristiques de la pompe hydraulique :

- Puissance théorique : $P = 15\ kW$
- Vitesse de rotation de l'arbre d'entrée : $N = 1800\ tr.mn^{-1}$
- Pression de refoulement maximale : $P_r = 20\ MPa$
- Cylindrée maximale : $V_T = 100\ cm^3.tr^{-1}$
- Masse : $M = 96kg$
- Angle maximal d'inclinaison de l'étrier : $\alpha_M = 15°$
- Nombre de pistons : $n = 9$

L'étude mécanique proposée concerne l'équipage mobile (12) dont l'éclaté de vue **(document 6 page 17)** et le schéma cinématique donné ci-dessous **figure 3 page 7**. Ce dernier représente la pompe hydraulique limitée à un seul piston en position de cylindrée maximale ($\alpha = \alpha_M = 15°$).

Dans toute l'étude mécanique :

L'ETRIER (10) EST CONSIDERÉ FIXE PAR RAPPORT AU BATI (0).

Remarque importante :

Vous devez utiliser les notations définies ci-dessous ainsi que la numérotation simplifiée donnée **(documents 6)** qui diffère de celle donnée **(document 4)**.

Repères associés aux différents solides $R_i = (A_{ij}, \vec{x}_i, \vec{y}_i, \vec{z}_i)$

A_{ij} point caractéristique de la liaison L_{ij}

$B_i = (\vec{x}_i, \vec{y}_i, \vec{z}_i)$ base orthonormée directe associée à la liaison L_{ij}

- $R_0 = (A, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ lié au bâti (0) $A = A_{10}$
- $R_1 = (B, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ lié au barillet (1) $B = A_{21}$
- $R_2 = (C, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ lié au piston (2) $C = A_{32}$
- $R_3 = (D, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$ lié au patin (3) $D = A_{43}$
- $R_4 = (E, \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z}_4)$ lié à la plaque d'appui (4) $E = A_{40}$

Liaisons entre solides et paramètres géométriques

L_{01} : liaison pivot d'axe $(A,\vec{x}_0)$

$\theta=(\vec{y}_0,\vec{y}_1)=(\vec{z}_0,\vec{z}_1)$ $\qquad \overrightarrow{AB}=R.\vec{y}_1$

L_{12} : liaison pivot glissant d'axe $\vec{x}_1$

$\beta=(\vec{y}_1,\vec{y}_2)=(\vec{z}_1,\vec{z}_2)$ $\qquad \overrightarrow{CB}=\lambda.\vec{x}_1$

L_{23} : liaison rotule en C $\qquad \overrightarrow{DE}=-v.\vec{y}_0-w.\vec{z}_4$

L_{34} : liaison plane de normale $(D,\vec{x}_3)$

$\gamma=(\vec{y}_3,\vec{y}_4)=(\vec{z}_3,\vec{z}_4)$ $\qquad \overrightarrow{DC}=h.\vec{x}_3$

$\alpha=\alpha_M=(\vec{x}_4,\vec{x}_0)=(\vec{z}_4,\vec{z}_0)=\text{cste}$ $\qquad \overrightarrow{AE}=-d.\vec{x}_0$

Toutes les liaisons sont considérées comme parfaites

Torseur cinématique associé à la liaison L_{ij}

$$\left\{V_{S_i/S_j}\right\}=\begin{Bmatrix}\alpha_{ij} & u_{ij}\\ \beta_{ij} & v_{ij}\\ \gamma_{ij} & w_{ij}\end{Bmatrix}_{A_{ij},B_k}$$

$$\text{avec}\begin{cases}\vec{\Omega}_{(S_i/S_j)}=\alpha_{ij}.\vec{x}_k+\beta_{ij}.\vec{y}_k+\gamma_{ij}.\vec{z}_k\\ \vec{V}_{(A_{ij}\in S_i/S_j)}=u_{ij}.\vec{x}_k+v_{ij}.\vec{y}_k+w_{ij}.\vec{z}_k\end{cases}$$

Torseur des actions transmissibles par la liaison L_{ij}

$$\left\{T_{S_i\to S_j}\right\}=\begin{Bmatrix}X_{ij} & L_{ij}\\ Y_{ij} & M_{ij}\\ Z_{ij} & N_{ij}\end{Bmatrix}_{A_{ij},B_k}$$

$$\text{avec}\begin{cases}\vec{R}_{(S_i\to S_j)}=X_{ij}.\vec{x}_k+Y_{ij}.\vec{y}_k+Z_{ij}.\vec{z}_k\\ \vec{M}_{(A_{ij},S_i\to S_j)}=L_{ij}.\vec{x}_k+M_{ij}.\vec{y}_k+N_{ij}.\vec{z}_k\end{cases}$$

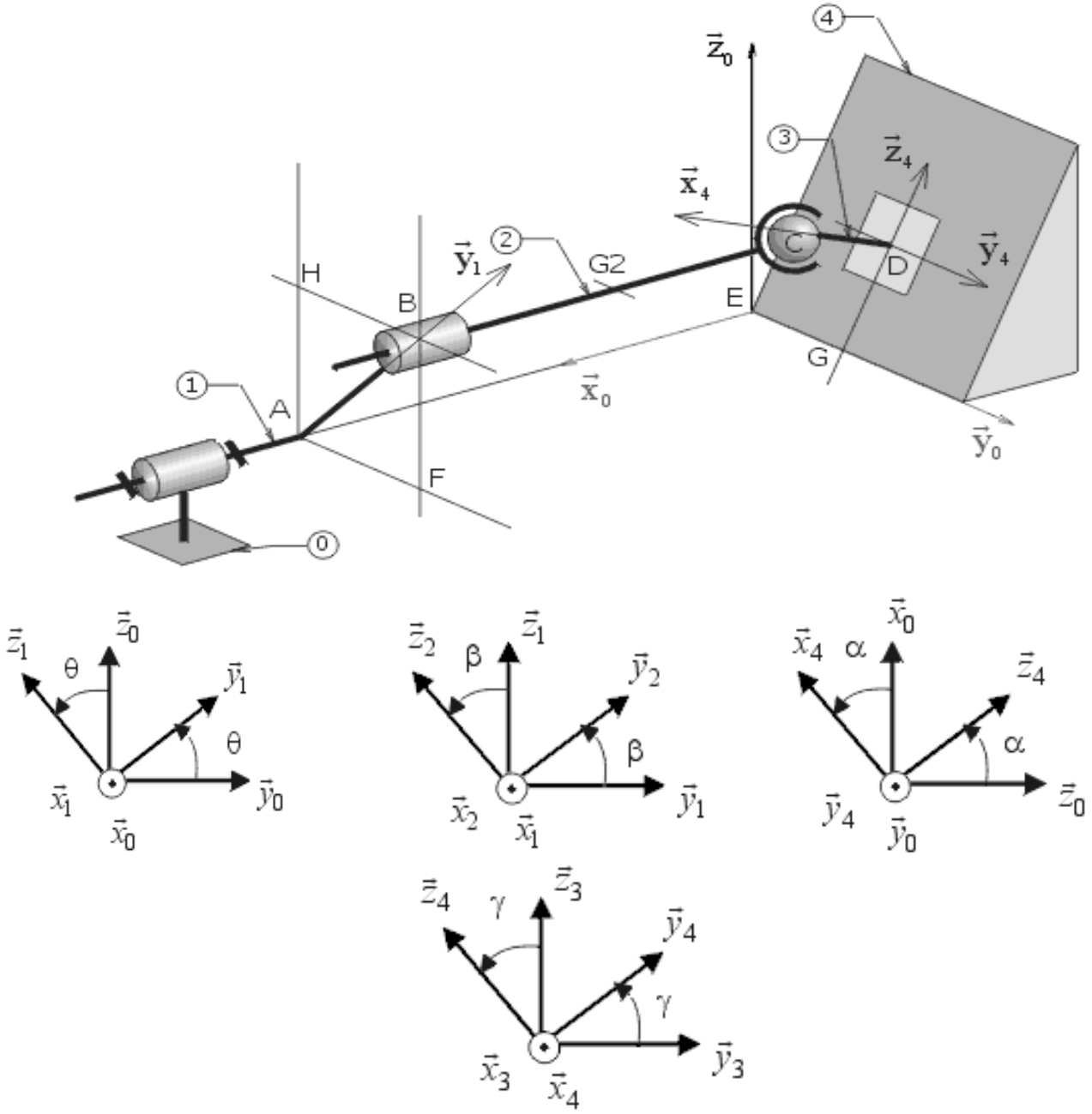


Figure 3 : Schéma cinématique de la pompe

4-1. Étude des liaisons :(voir figure 3)

On se propose d'étudier la liaison piston (2) plaque d'appui (4). En utilisant les notations recommandées ci-dessus ;

Q11°. Tracer le graphe de liaisons.

Q12°. Déterminer les éléments de réduction, au point C, du torseur cinématique de la liaison L_{32} noté $\{V_{3/2}\}$ exprimé dans la base B_4.

Q13°. Déterminer les éléments de réduction, au point D, du torseur cinématique de la liaison L_{43} noté $\{V_{4/3}\}$ exprimés dan la base B_4.

Q14°. Déterminer la forme du torseur cinématiquement équivalent à l'association des liaisons L_{32} et L_{43}.

Q15°. En déduire le nom et les caractéristiques de la liaison équivalente notée L_{42} ainsi réalisée. Quel est l'intérêt d'une telle réalisation?

4-2. Étude géométrique

Objectif : déterminer la loi entrée sortie de position ainsi que la course du piston

Q16°. Ecrire la fermeture géométrique de la boucle (A,B,C,D,E) en projection dans la base $B_0 = (\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$

Q17°. En déduire les expressions suivantes :

$$v = R.\cos\theta$$

$$w = \frac{R.\sin\theta - h.\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{R.\sin\theta}{\cos\alpha} - h.\tan\alpha$$

$$\lambda = d + R.\sin\theta.\tan\alpha - \frac{h}{\cos\alpha}$$

Q18°. Exprimer la course du piston $c = \lambda_{\max} - \lambda_{\min i}$ en fonction de R et α.

4-3. Étude dynamique :

Objectifs :

- dimensionner le moteur de la pompe.
- Déterminer la condition du maintien de contact patin (3)par rapport à la plaque d'appui (4).

On admettra les hypothèses suivantes :

- $\beta = \gamma = 0$ et $\dot{\beta} = \dot{\gamma} = 0$
- La pression d'admission notée P_A est supposée constante.
- La pression de refoulement notée P_R est supposée constante.
- Le repère R_0 est considéré comme galiléen. $\vec{z}_0$ est vertical ascendant et $\vec{g} = -g.\vec{z}_0$ est l'accélération de la pesanteur.

Caractéristiques d'inertie des solides

Barillet (1)

G_1 : centre d'inertie $\overrightarrow{AG_1} = a.\vec{x}_0$

m_1 : masse du barillet (1)

A_1 : moment d'inertie de (1) autour de $(A, \vec{x}_0)$

Piston (2)

G_2 : centre d'inertie $\overrightarrow{CG_2} = b.\vec{x}_0$

m_2 : masse du piston (2)

Matrice d'inertie, au point G_2 , du solide (2) exprimée dans B_2

$$\left[I_{(G_2,2)} \right] = \begin{bmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & C_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{bmatrix}_{B_2}$$

Patin (3)

G_3 : centre d'inertie du patin (3)

m_3 : masse du solide (3) négligée

Action de l'huile sur le piston (2) :

Cette action est modélisable par un glisseur passant par B et de résultante $\vec{F}_{(H\to 2)} = -p.S.\vec{x}_0$ avec :

$\Rightarrow$ $p = P_A$ en phase d'admission

$\Rightarrow$ $p = P_R$ en phase de refoulement

Action du moto-réducteur sur l'arbre d'entrée (1) : Cette action est modélisable par un couple tel que $\vec{M}(A, MR \to 1) = C_r.\vec{x}_0$

Action de la plaque de retenue (5) sur le patin (3) :

Cette action est modélisable par un glisseur passant par D et de résultante $\vec{F}_{(5\to 3)} = -F.\vec{x}_3$.

On considère l'ensemble de la chaîne cinématique : $\Sigma = \{1,2,3\}$

Q19°. Déterminer l'énergie cinétique de l'ensemble Σ dans son mouvement par rapport au repère galiléen R_0 .

Q20°. En utilisant les relations de la **question 17**, monter que l'énergie cinétique de l'ensemble Σ dans son mouvement par rapport au repère galiléen R_0 peut s'écrire sous la forme $T(\Sigma/R_0) = \frac{1}{2}.J_{éq}.\dot{\theta}^2$. Donner l'expression de $J_{éq}$, le moment d'inertie équivalent rammené à l'arbre de (1).

Pour la suite, on suppose le moment d'inertie équivalent rammené à l'arbre (1) constant à la valeur maximale $J_{éq} = J_{MAX}$.

Q21°. Mettre en œuvre le théorème de l'énergie cinétique et déterminer l'expression du couple du moto-réducteur C_r .

On donne ci-dessous figure 4 le schéma de la tansmission puissance du module de chargement:

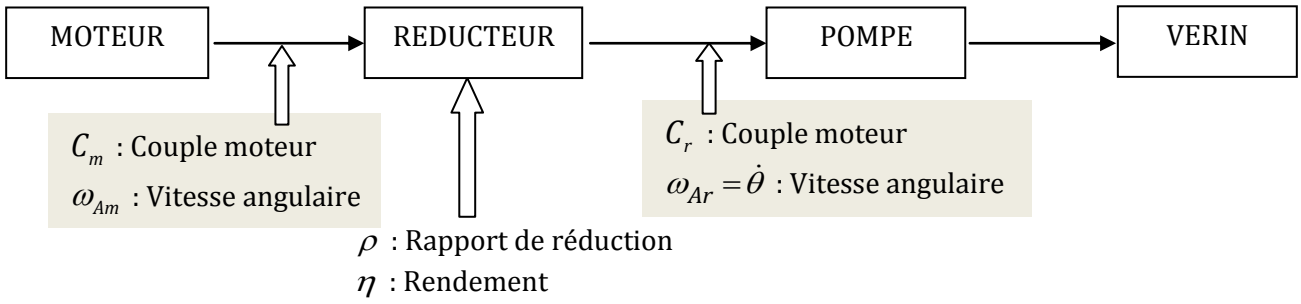


Figure4 :

Q22°. Déterminer l'expression du couple moteur C_m en fonction de C_r , ρ et η .

Étude du réducteur :

La réduction de la vitesse de rotation du moteur est assurée par un **réducteur épicycloïdal** dont le schéma cinématique est donné ci-contre **figure 5**:

On donne :

Z_1 : nombre de dents du pignon de l'arbre moteur A_m .

Z_0 : nombre de dents de la couronne fixée au bâti.

Z_{2a}, Z_{2b} : nombre de dents des pignons du satellite.

L'arbre de sortie est le porte satellite.

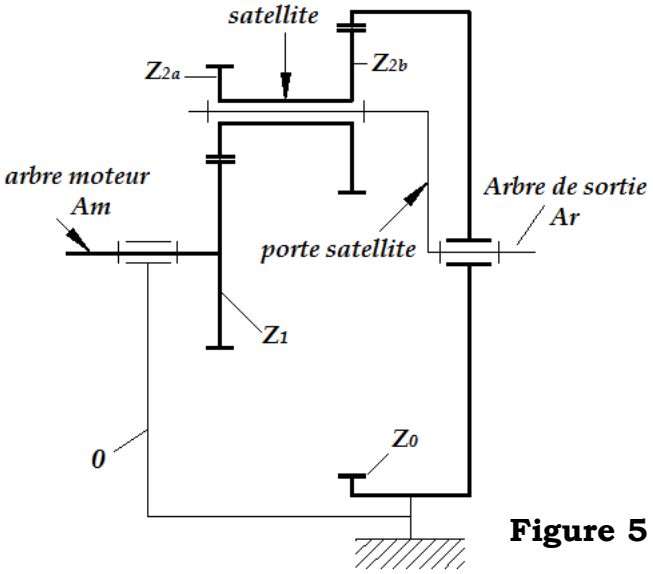


Figure 5 :

Q23°. Déterminer, en fonction des nombres des dents, le rapport de réduction $\frac{\omega_{Ar}}{\omega_{Am}}$.

Étude de la condition du maintien de contact :

Q24°. Appliquer le théorème de la résultante dynamique à $\Sigma_1 = (2) \cup (3)$, en projection sur $\vec{x}_0$ et déterminer l'action de contact $\vec{R}_{(4\to3)} = X_{43}.\vec{x}_4$ en fonction de p, S, α, R, F, m_2, θ, $\dot{\theta}$ et $\ddot{\theta}$.

Q25°. En déduire la valeur de F garantissant le non décollement du patin (3) par rapport à la plaque d'appui (4).

Partie V. Validation de choix du roulement (5) :

En phase d'avant projet ,on désire verifier si le roulement (5) de référence **6309** peut convenir. La durée de vie souhaitée est de $L_{10H\ min}$ = **4380 heures de fonctionnement** .

d (mm)	Référence	D (mm)	B (mm)	C (daN)	C0 (daN)
45	6309	100	25	5300	3200

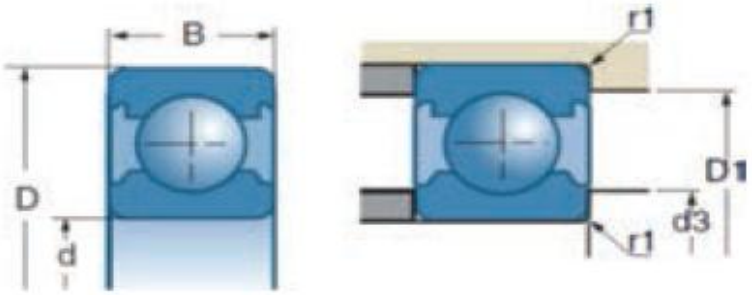


Figure 6 : Extrait de catalogue SNR Bearings

Q26°. En utilisant **les annexes 1 et 2 du document 9 (pages19)**,calculer la durée de vie de ce roulement à billes en heures de fonctionnement :$\mathbf{L_{10H}}$.

On donne :

- Effort radial : $F_r = 120\ daN$
- Effort axial : $F_a = 410\ daN$
- Fréquence de rotation de l'arbre(7) : $N = 1800\ tr.mn^{-1}$

Q27°. Le roulement est-il compatible avec le cahier des charges.

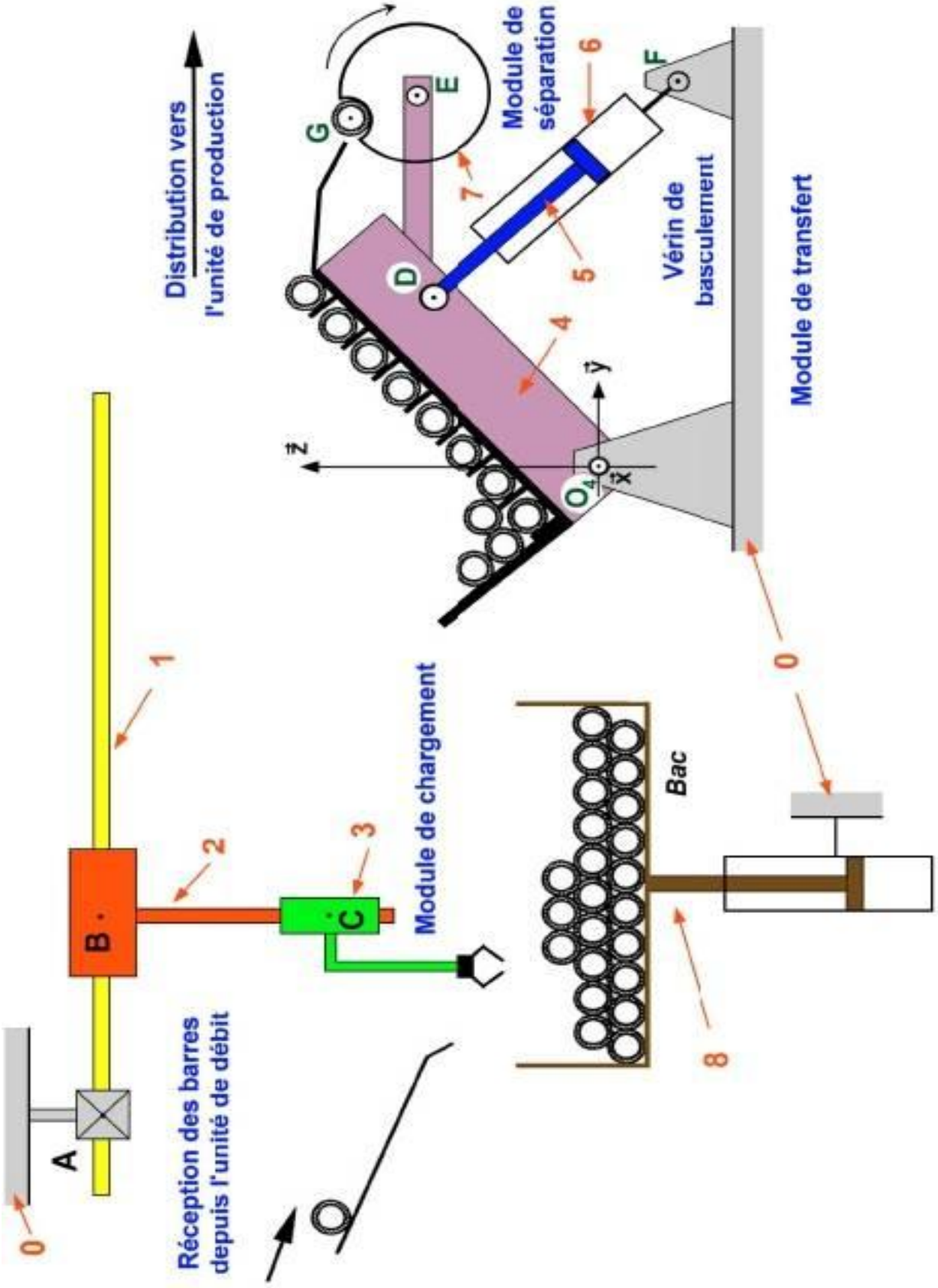
Partie VI. ANALYSE DE SPECIFICATION GEOMETRIQUE :

Q28°. Sur le document réponse **DR3 (page 22)** compléter la grille d'analyse de la spécification :

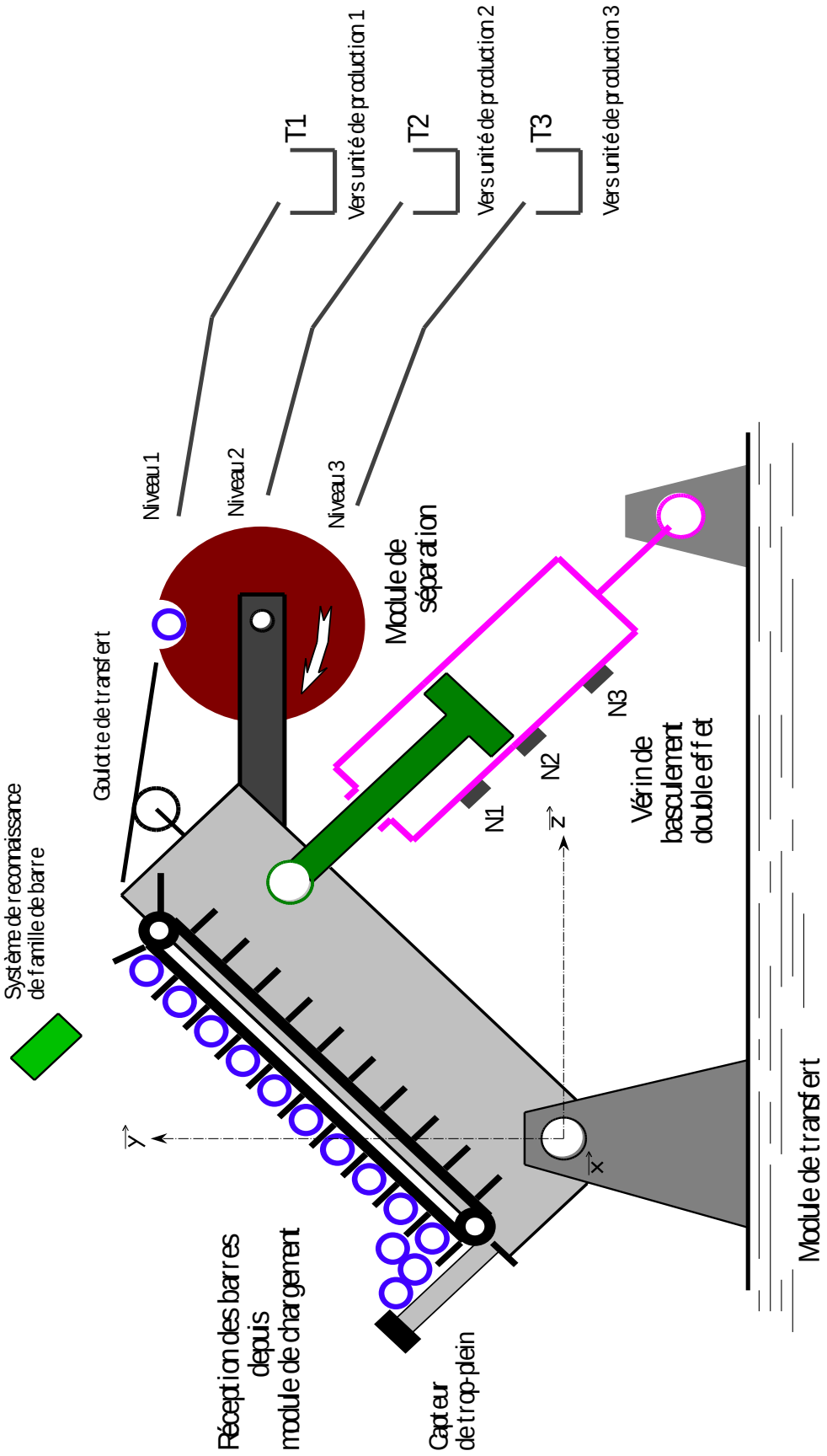
	Ø 0,5	A	B

FIN DE L'ÉNONCÉ

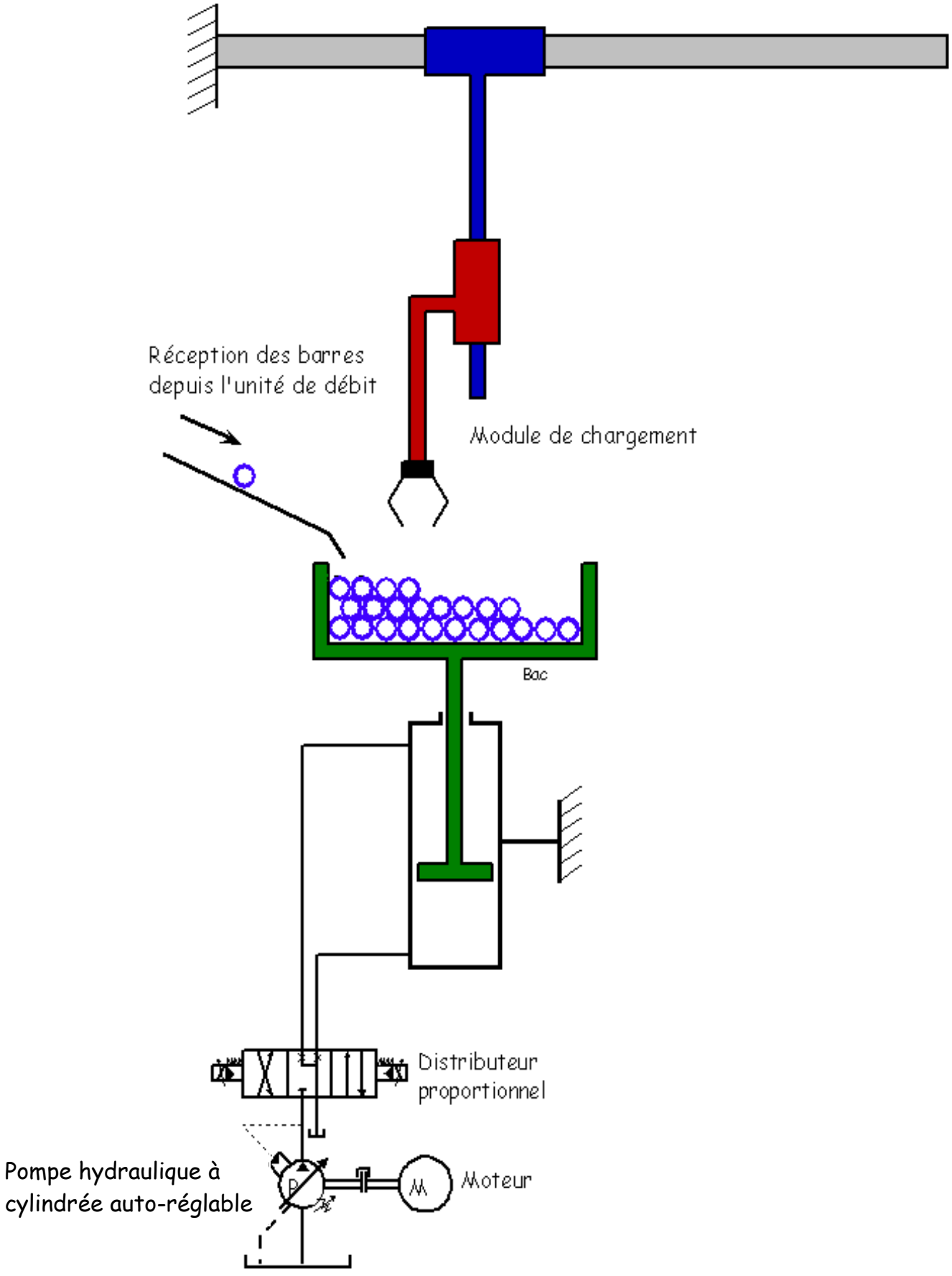
DOCUMENT 1: SYSTEME DISTRIBAR



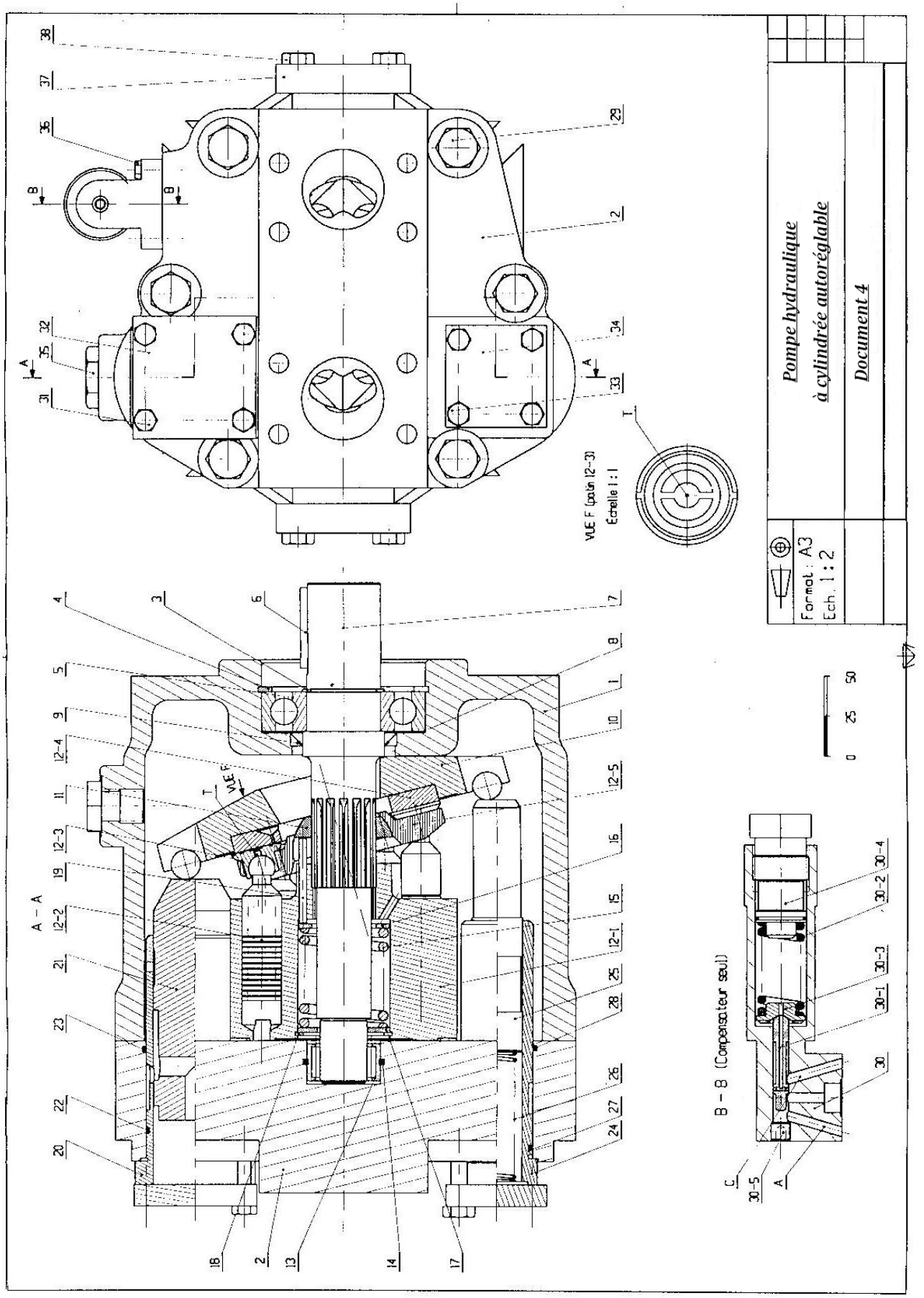
DOCUMENT2 : MODULES DE TRANSFERT ET DE SEPARATION



DOCUMENT 3 : MODULE DE CHARGEMENT



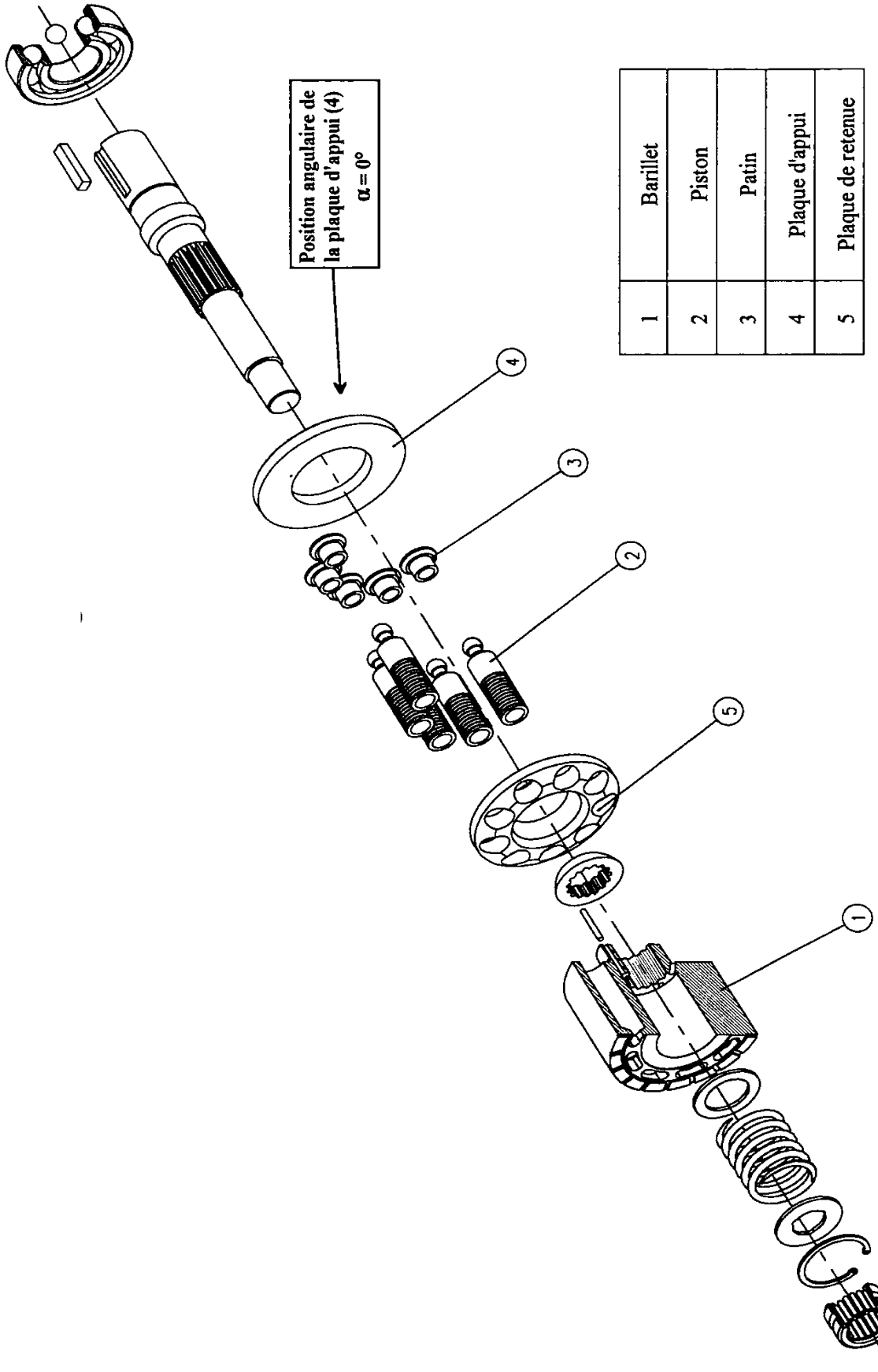
DOCUMENT 4 : DESSIN D'ENSEMBLE DE LA POMPE



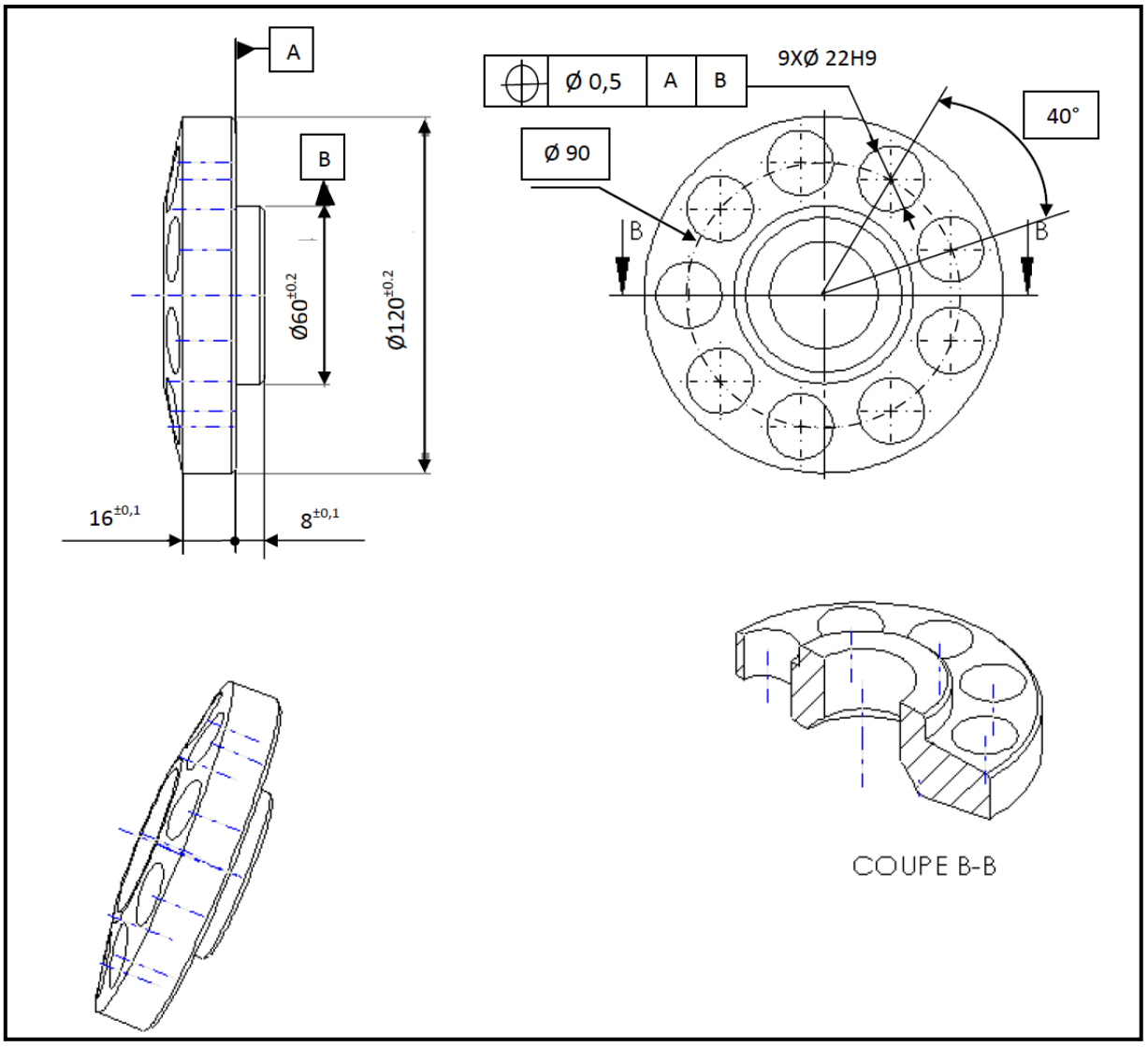
DOCUMENT 5 : NOMENCLATURE

38	4	Vis HM 10-45	NF E25-45
37	2	Plaque de fermeture	
36	4	Vis HM 8-35	NF E25-125
35	2	Drain	
34	1	Plaque de fermeture	
33	4	Vis HM 10-40	NF E25-125
32	1	Plaque de fermeture	
31	4	Vis HM 10-40	NF E25-125
30	1	compensateur	
29	6	Vis HM 16-90	NF E25-125
28	1	Joint torique	
27	1	Joint torique	
26	1	Ressort de retenue	
25	1	Ressort de retenue	
24	1	Cylindre de retenue	
23	1	Joint torique	
22	1	Joint torique	
21	1	Piston principal	
20	1	Cylindre de poussée	
19	3	Aiguille	
18	1	Anneau élastique pour alésage	NF E22-165
17	1	Rondelle trèfle	
16	1	Rondelle	
15	1	Ressort	
14	1	Joint	
13	1	Roulement à aiguilles NES	NF E22-371
12	1	Equipage mobile	
11	1	Rotule	
10	1	Etrier	
9	1	Joint à lèvres type A 50x65x8	DIN3760
8	1	Entretoise	
7	1	Arbre cannelé à flancs parallèles	14x9x5
6	1	Clavette parallèle 17x9x5	NF E22-177
5	1	Roulement à billes 6309	
4	1	Anneau élastique pour alésage	105x3
3	1	Anneau élastique pour arbre	45x2
2	1	Carter de distribution	
1	1	Corps de la pompe	
Repère	**Nb**	**Désignation**	**Remarques**

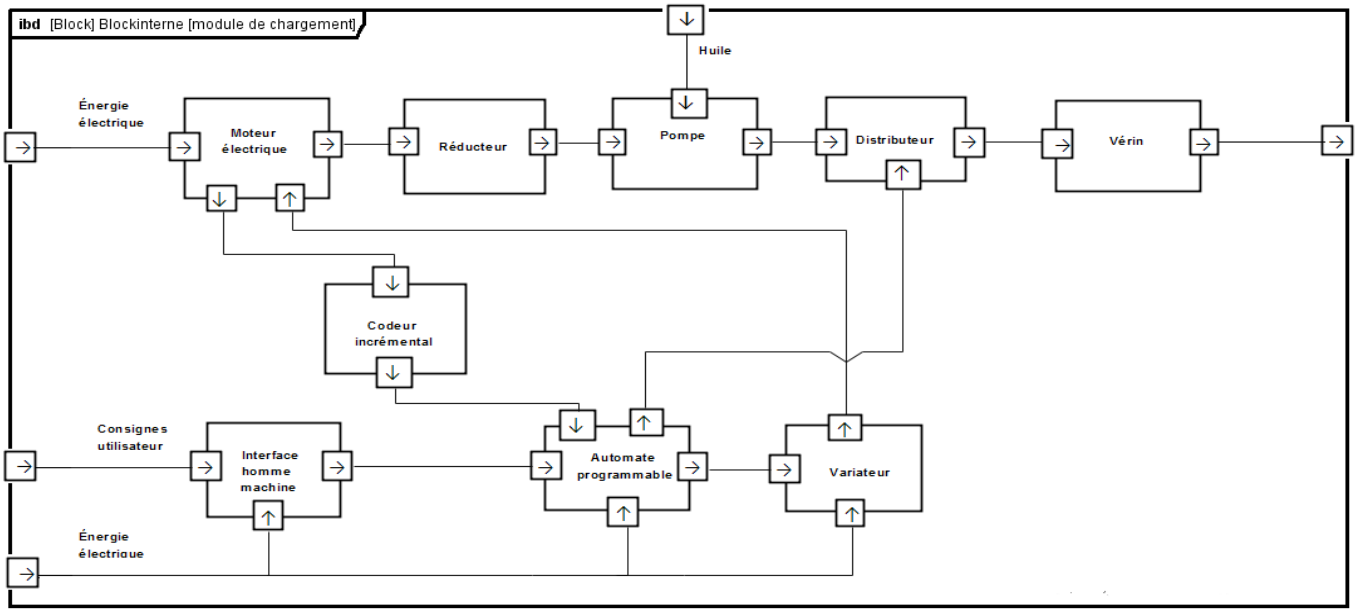
DOCUMENT 6 : VUE ECLATÉE DE L'ÉQUIPAGE MOBILE



DOCUMENT 7 : DESSIN DE DÉFINITION DE LA PLAQUE DE RETENUE 5

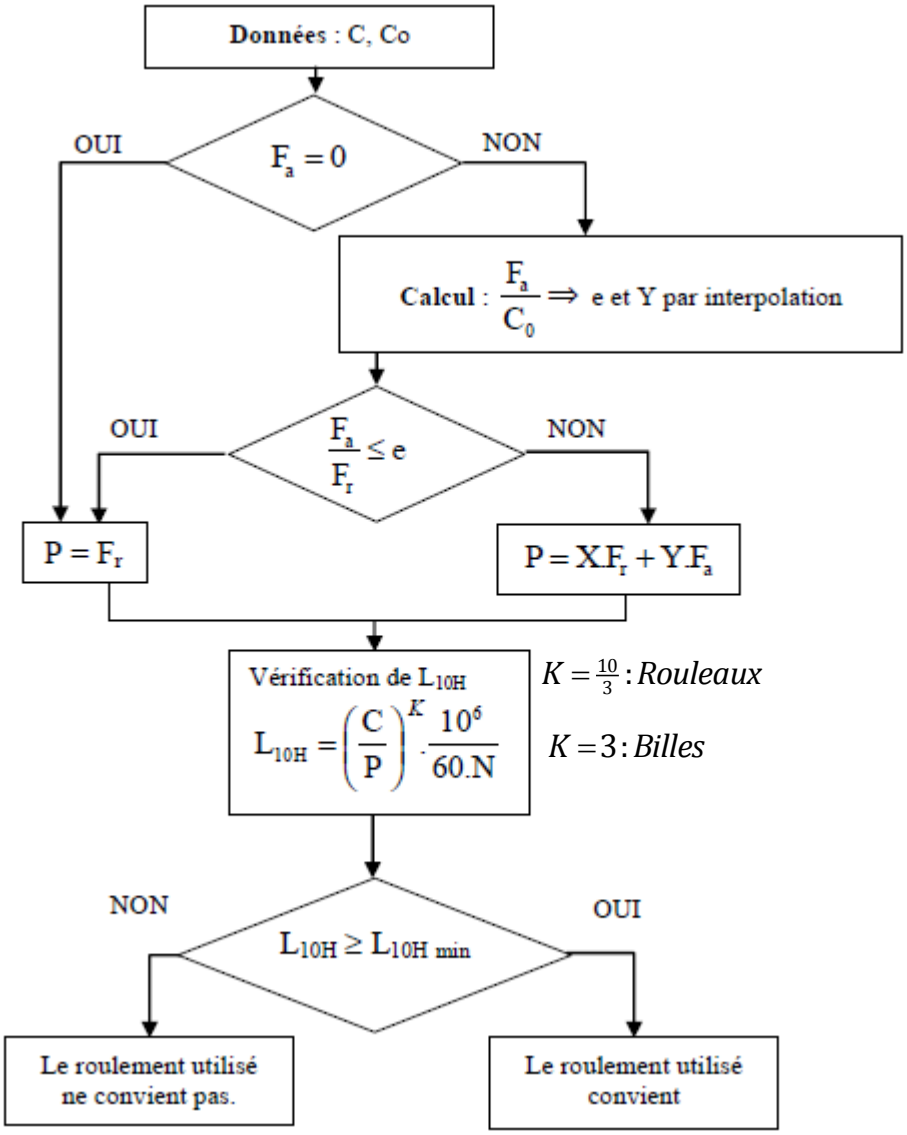


DOCUMENT 8 : DIAGRAMME **IBD** DU MODULE DE CHARGEMENT



DOCUMENT 9 : CALCUL DE DURÉE DE VIE D'UN ROULEMENT

Annexe 1



Annexe 2

$\frac{F_a}{C_0}$		0,014	0,028	0,056	0,084	0,110	0,170	0,283	0,42	0,5
$\frac{F_a}{F_r} \le e$	X	1								
	Y	0								
$\frac{F_a}{F_r} > e$	X	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
	Y	2,3	1,99	1,71	1,55	1,45	1,31	1,15	1,04	1,00
e		0,19	0,22	0,26	0,28	0,30	0,34	0,38	0,42	0,44

DOCUMENT-REPONSE DR1

Figure R1 :

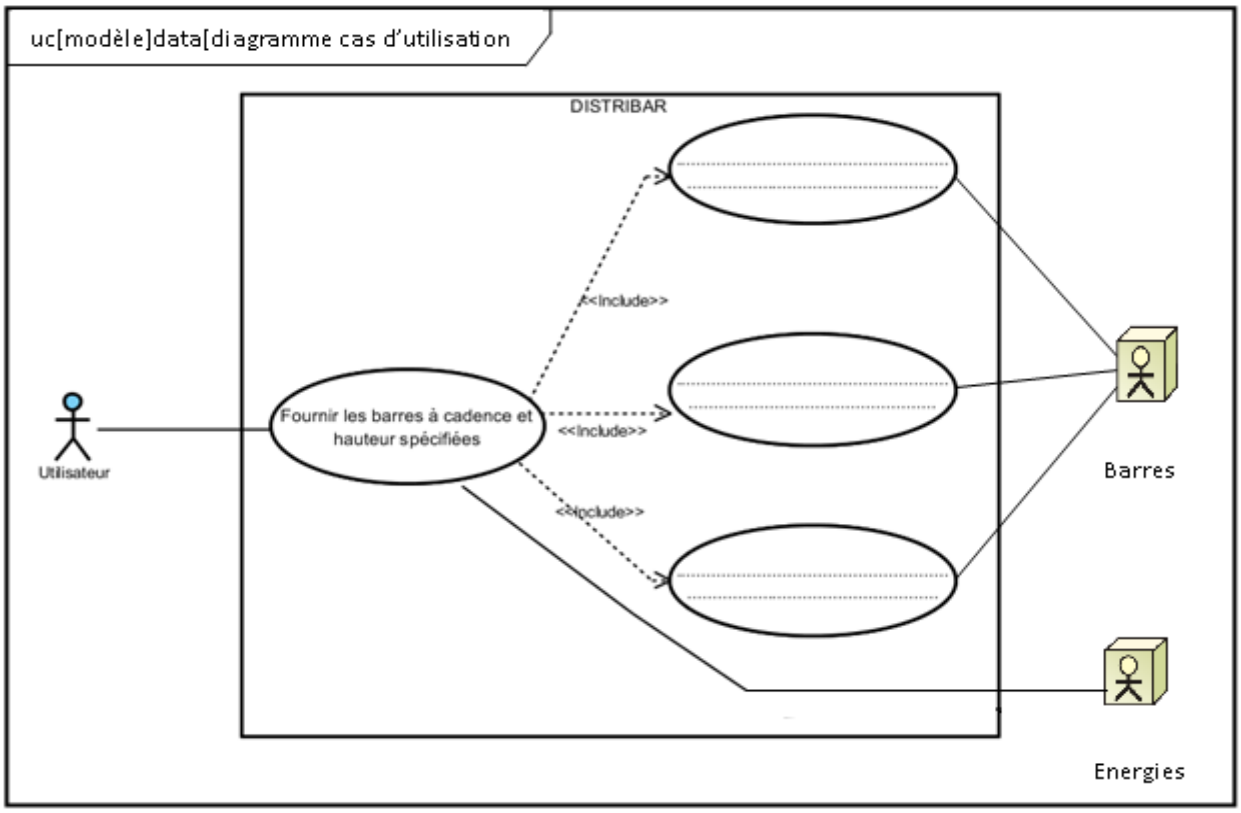
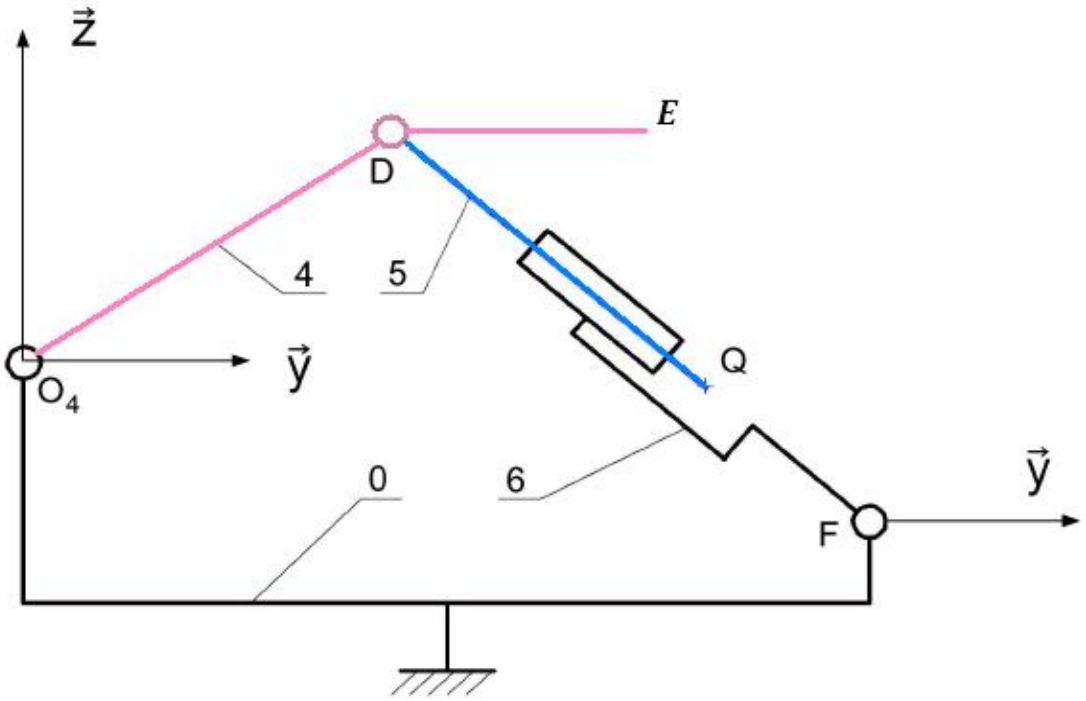
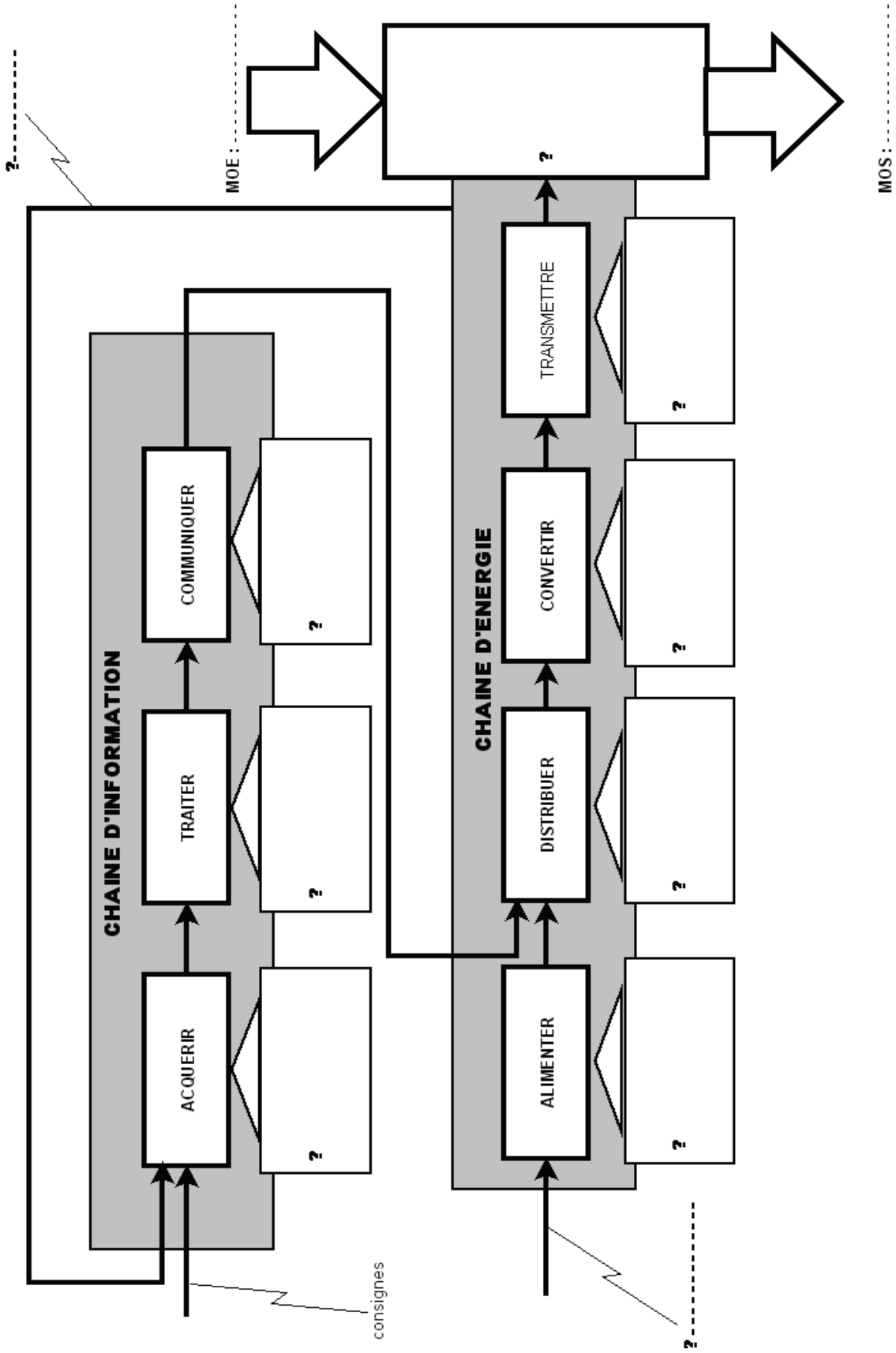


Figure R2 :

Echelle des vitesses : $1cm \longrightarrow 0{\cdot}07m/s$

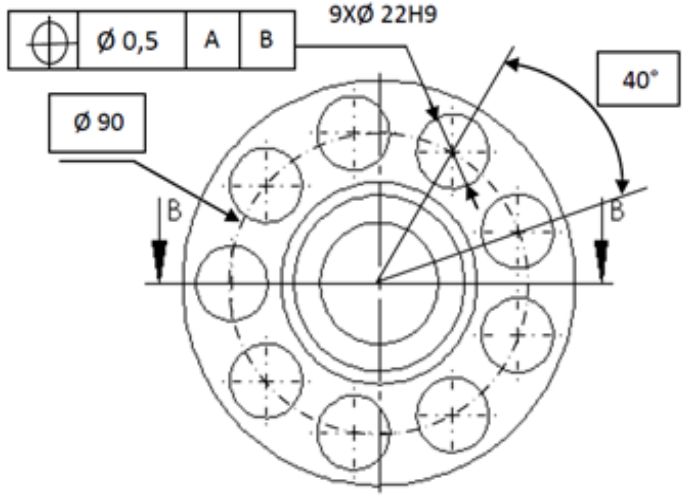


DOCUMENT-REPONSE DR2



DOCUMENT RÉPONSE DR3 :

<table>
<tr><td colspan="2">TOLERANCEMENT NORMALISE</td><td colspan="4">ANALYSE D'UNE SPECIFICATION PAR ZONE DE TOLERANCE</td></tr>
<tr><td colspan="2">Symbole de spécification
☐ Forme ☐ Orientation
☐ Position ☐ Battement
// ⊥ ∠ ⌒ ⌓ ⌯ ◎
⌖ ⌰ ↗ ⌭ ○ ⏥ ▱</td><td colspan="2">ELEMENTS NON IDEAUX
(points, lignes ou surfaces réelles)</td><td colspan="2">ELEMENTS IDEAUX
(points, droites ou plans associés</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"><u>Condition de conformité :</u>

L'élément tolérancé doit être entièrement compris dans la zone de tolérance.</td><td>Elément(s) Tolérancé(s)</td><td>Elément(s) de référence</td><td>Référence(s) Spécifiée(s)</td><td colspan="2">Zone de tolérance</td></tr>
<tr><td>Unique-Groupe</td><td>Unique-
Multiples</td><td>-Simple
-Commune
-Système</td><td>-Simple
-Composée</td><td>Contrainte :
Orientation – Position
Par rapport à la référence spécifiée</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de TSI chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Analyse fonctionnelle et structurelle : diagrammes d'ingénierie système, chaînes d'information et de puissance
- Modélisation cinématique des systèmes : liaisons, graphe et schéma cinématique
- Grandeurs inertielles et cinétiques : masse, centre d'inertie, matrice d'inertie, torseurs cinétique et dynamique, énergie cinétique, inertie équivalente
- Dynamique des solides et des systèmes : principe fondamental, stratégie d'isolement, équilibrage dynamique
- Composants de la chaîne de puissance : alimenter, stocker, distribuer, convertir
- Représentation géométrique du réel : dessin technique et maquette numérique

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière : **écrire sur WhatsApp**

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/cnc/tsi