

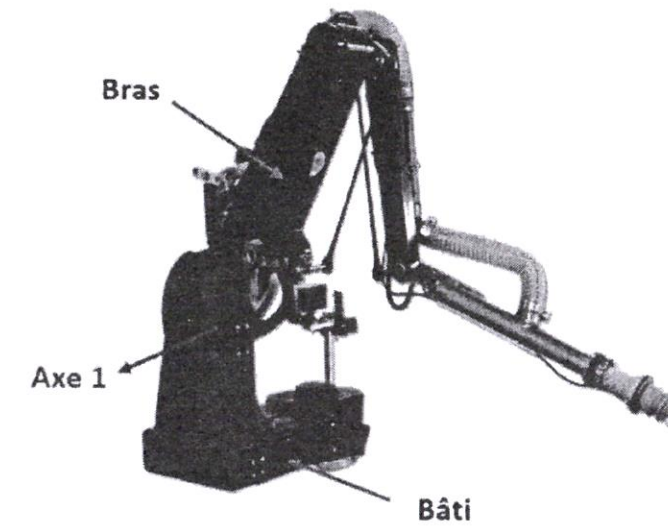
République Tunisienne
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Concours Nationaux d'Entrée aux Cycles
de Formation d'Ingénieurs
Session 2024



الجمهورية التونسية
وزارة التعليم العالي
والبحوث العلمية
المناظرات الوطنية للدخول إلى مراحل تكوين
المهندسين
دورة 2024

Concours de Mathématiques – Physique & Physique – Chimie

Épreuve des Systèmes Techniques Automatisés



Date : Vendredi 31 Mai 2024

Heure : 08H 00

Durée : 3 Heures

L'épreuve comporte trois parties :

- A- Conception Mécanique
- B- Mécanique des Solides Indéformables
- C- Automatique

Le sujet de l'épreuve remis au candidat comporte deux dossiers :

- 1- Mise en situation, Données et Hypothèses
- 2- Document Réponses

Recommandations aux candidats

- Aucun autre document n'est autorisé.
- Seules les calculatrices de poche **non programmables** sont autorisées.
- Il n'est fourni au candidat qu'une **seule et unique** copie du «Dossier document réponses » qui doit être rendu en totalité, à la fin de l'épreuve, même sans réponses.
- Le document réponses doit être rendu en intégralité (**aucune feuille ne doit être supprimée**).
- Toute suppression de feuilles du document réponses est considérée comme tentative de fraude.

Dossier

Mise en situation, Données et Hypothèses

Ce dossier comporte 14 pages numérotées de 1 à 14

◆	Mise en situation	Pages 3/14 et 4/14
◆	Données et hypothèses	
	<i>A- Conception Mécanique</i>	Page 5/14 et 6/14
	<i>B- Mécanique des Solides Indéformables</i>	Pages 7/14 à 12/14
	<i>C- Automatique</i>	Page 13/14 et 14/14

- si la dimension est trop petite : $c = \dots\dots$ $d = \dots\dots$.

Le dispositif doit permettre de trier les balles de la façon suivante :

- 1 – Si les dimensions de la balle sont bonnes : un voyant **V** s'allume,
- 2 – Si les balles dont une dimension est au-dessus de la valeur nominale, l'autre étant bonne ou dont les deux dimensions sont au-dessus de la valeur nominale (défaut dans la pression de compactage) ou dans le système ficelage (enrouler les balles par des fils de fer) : une sonnerie **S** déclenche;
- 3 – Si une ou deux dimensions de la balle sont au-dessous de la valeur nominale (quantité de matière mise dans la presse est insuffisante.) : un voyant **R** s'allume.

Section C.II- Étude de l'asservissement de position de la trompe (6)

Dans cette section, on s'intéresse à étudier l'asservissement de position de la trompe (6) suivant un seul axe, les deux autres axes sont supposés fixes.

En effet, La commande de déplacement de la trompe (6) est asservie en position afin de :

- Prendre un objet repéré par la caméra,
- Placer l'objet pris dans la trompe (6) devant le spectromètre
- Ejecter l'objet dans le bac de tri sélectionné.

ETUDE D'UNE CELLULE DE TRI AUTOMATIQUE

1- Mise en Situation

Le traitement des ordures ménagères reste toujours un sujet d'une importance capitale dans nos sociétés actuelles où la production de déchets ne cesse de croître. Il joue un rôle important dans la préservation de l'environnement et la protection des ressources naturelles. Le traitement des ordures ménagères passe généralement par les étapes suivantes :

- Collecte,
- Tri et séparation,
- Recyclage ou élimination des déchets dangereux.

Dans ce cadre, le dispositif étudié consiste en une cellule de tri qui permet de trier automatiquement les emballages ménagers issus des collectes d'ordures.

La cellule de tri, **figure 1**, est alimentée au moyen d'une trémie de stockage équipée d'un tapis élévateur. Un dispositif magnétique élimine les objets ferreux puis un crible supprime les objets de trop petite taille. Un égreneur permet ensuite d'étaler les objets restant en vrac suivant une seule couche sur le tapis convoyeur d'un mètre de large. A l'entrée de chaque cellule on trouve donc sur une monocouche d'objets à trier. Chaque cellule de tri assure sa fonction selon la procédure suivante :

- Une caméra vidéo couleur détermine d'abord la position, puis la forme et la couleur de l'objet visé.
- L'objet est ensuite saisi par le bras articulé au moyen d'une ventouse.
- Lors de la saisie, un capteur électromagnétique situé dans la ventouse identifie les objets métalliques.
- Si l'objet contient du métal, l'analyse d'images détermine son appartenance à un groupe connu : brique alimentaire, bouteille ou barquette.
- Un capteur de verre, également situé dans la ventouse, reconnaît les verres par contact.
- Tous les objets reconnus à ce stade sont déposés dans des goulottes appropriées.
- Les emballages restants : en plastique ou en carton sont maintenus sur la ventouse. Ils sont amenés par le bras à un spectromètre infrarouge, qui détermine le type de la matière plastique de l'objet : PVC, PET, PEHD tous recyclés ou autres plastiques non recyclés. Un classificateur combine alors les données de vision et celles fournies par le spectromètre pour reconnaître par exemple un emballage en « Polyéthylène (PET) azuré ». Après identification, tous les objets pris sont déposés dans des goulottes différentes.

Le nombre des cellules à installer dépend des quantités à traiter. On peut citer par exemple qu'un centre à quatre cellules permet de traiter 2000 tonnes de déchets hors verre par an pour un fonctionnement en deux fois huit heures par jour.

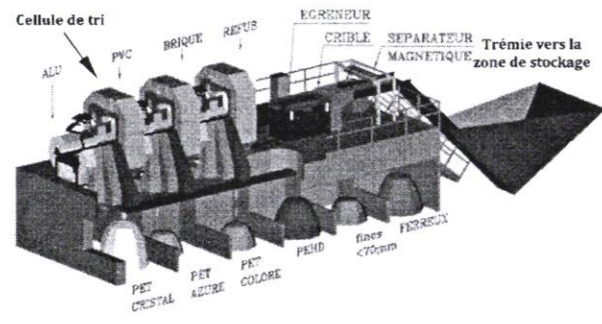


Figure 1 : Centre de tri contenant plusieurs cellules de tri

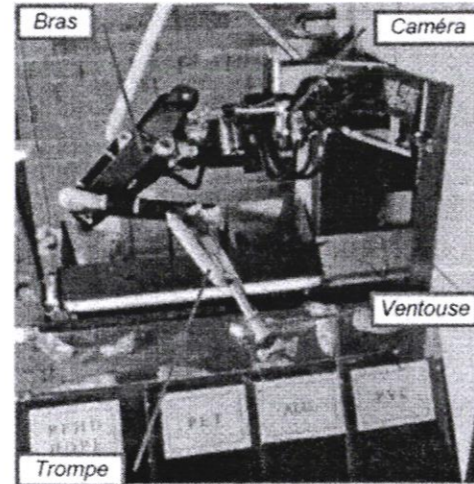


Figure 2 : Bras du robot évacue une bouteille en plastique

Chaque cellule de tri est équipé d'un bras de manutention des objets dont la structure est représentée sur la figure 2 et les figures B-1 à B-3. La position de l'extrémité de la trompe de prise (6) dans le châssis (1), est obtenue en coordonnées sphérique (ρ, θ, φ) dans un repère $\mathcal{R}_0(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ dont le centre O_0 est physiquement dégagé afin de pouvoir y placer une caméra de vision fixe dans le châssis. Les paramètres θ et φ décrivent respectivement les rotations du solide (2) par rapport au châssis (1) et du solide (3) par rapport à (2) alors que le paramètre ρ résulte de l'action d'un vérin hydraulique $\{(10),(11)\}$ sur la chaîne des solides $\{(3), (4), (5), (6)\}$.

En position de fonctionnement dans la cellule, l'axe (O_0, \vec{z}_0) est parallèle à la direction du tapis (dans le sens du déplacement) à une distance d de celui-ci, l'axe (O_0, \vec{x}_0) correspond à la verticale descendante.

L'épreuve comporte trois parties :

- A. **Conception Mécanique (C.M)** dont l'objectif est de faire une étude technologique d'un vérin hydraulique.
- B. **Mécanique des Solides Indéformables (M.S.I)** dont l'objectif est de caractériser le vérin de commande du bras articulé.
- C. **Automatique** dont l'objectif est d'étudier le contrôle des balles et l'asservissement de position de la trompe (6).

NB : Les trois parties A, B et C sont indépendantes et utilisent des notations indépendantes.

Partie C : Automatique

Section C.I- Étude du circuit de contrôle des balles

Une fois l'opération de tri terminée, les déchets seront stockés dans des goulottes puis transférés vers une presse à balles pour être comprimés sous forme prismatiques appelés balles (figure C-1).

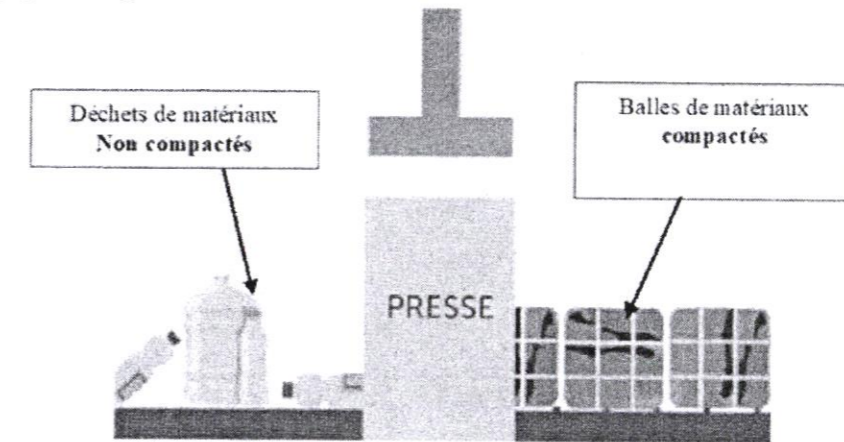


Figure C-1: Système de compactage et de contrôle.

Un dispositif destiné à contrôler les dimensions des balles est mis en place (figure C-2), il est constitué de deux palpeurs qui contrôlent respectivement la largeur et la longueur des balles.

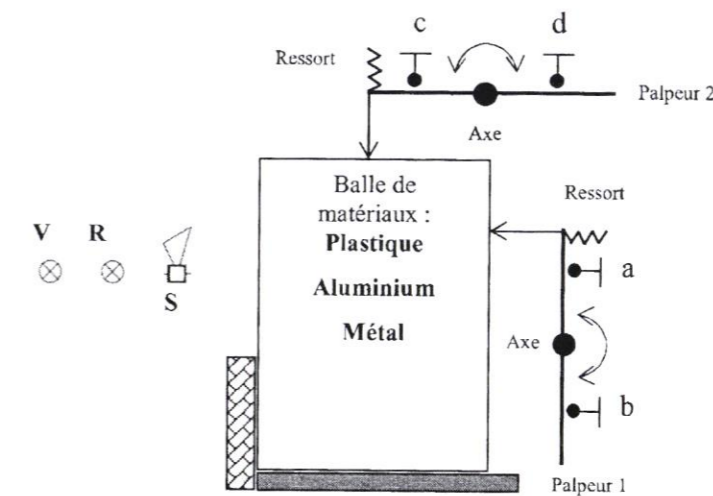


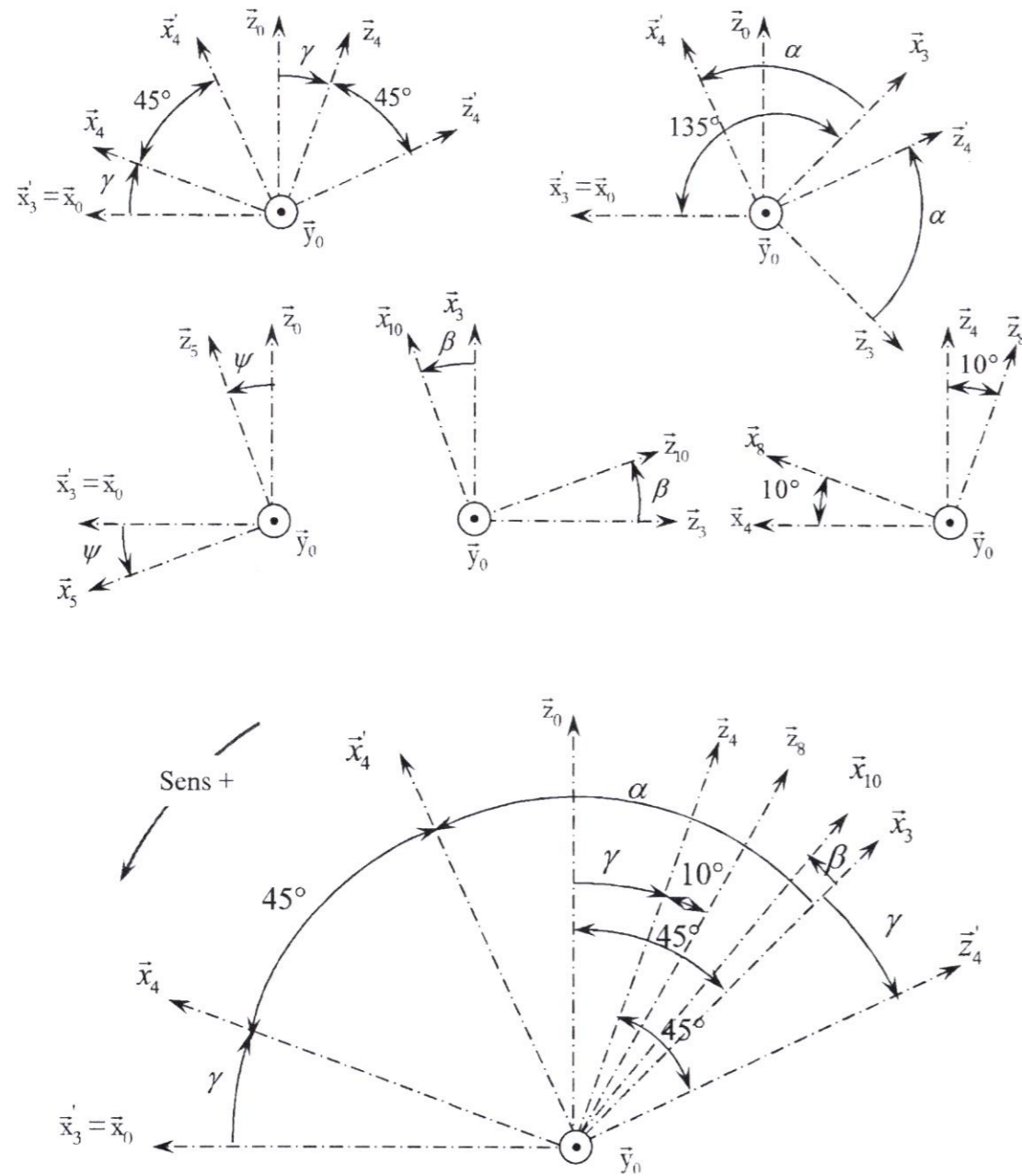
Figure C-2. Système de contrôle des balles (Balle de bonnes dimensions).

Le palpeur1 qui contrôle la largeur comporte deux capteurs de position **a** et **b** :

- si la dimension est bonne : **a = 0** **b = 0** ;
- si la dimension est trop grande : **a = b = ;**
- si la dimension est trop petite : **a = b =**

Le palpeur 2 qui contrôle la longueur comporte deux capteurs de position **c** et **d** :

- si la dimension est bonne : **c = 0** **d = 0** ;
- si la dimension est trop grande : **c = d = ;**



(Superposition plane des bases des repères introduits)

Figure B-4

2-Données et Hypothèses

Partie A : Conception Mécanique - Etude technologique du vérin hydraulique

Cette partie concerne une étude technologique du vérin hydraulique de commande du bras manipulateur, figure A-1 ci-dessous.

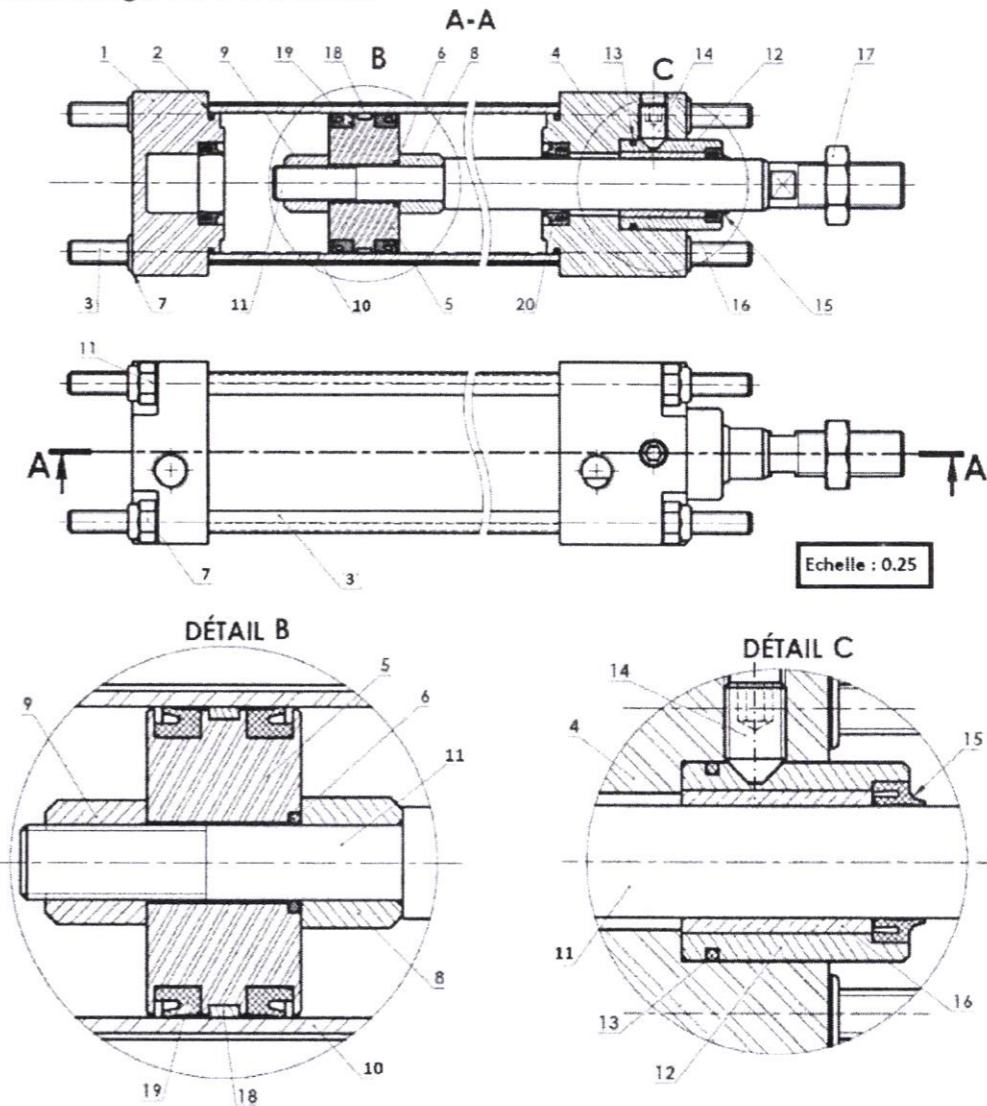
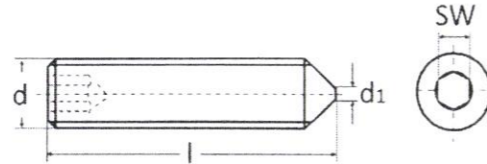


Figure A-1 : vérin hydraulique

10	1	Cylindre	19	2	Joint à lèvre de piston
9	1	Ecrou	18	1	Joint dynamique
8	1	Entretoise	17	1	Ecrou
7	4	Ecrou H (auto freiné)	16	1	Coussinet cylindrique
6	1	Joint torique	15	3	Joint racleur
5	1	Piston	14	1	Vis
4	1	Nez du vérin	13	1	Joint torique
3	4	Tirant	12	1	Palier
2	2	Joint torique	11	1	Tige piston
1	1	Fond du Vérin			
Rep	Nb	Désignation	Rep	Nb	Désignation

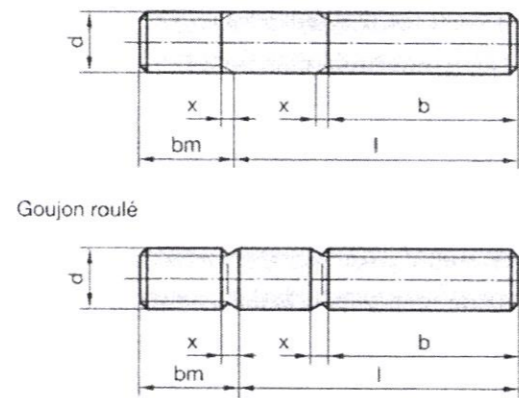
Tableau A-1: Vis de pression



d	l	d1	SW
M2	2 - 16	0,5	0,9
M2,5	2 - 16	0,65	1,3
M3	3 - 40	0,75	1,5
M4	3 - 50	1	2
M5	4 - 60	1,25	2,5
M6	5 - 80	1,5	3
M8	6 - 120	2	4
M10	6 - 100	2,5	5
M12	8 - 100	3	6
M16	14 - 100	4	8
M20	20 - 100	5	10

Tableau A-2: Goujon

d	M5	M6	M8	M10	M12 (M14)	M16	M20	M24
b	17,5	20	24,5	29	33,5	38	42	51
x	2	2,5	3,2	3,8	4,4	5	5	6,3
l	30	30	35	40	45	50	55	70
	35	35	40	45	50	55	60	80
	40	40	45	50	55	60	70	90
	45	45	50	55	60	70	80	100
	50	50	55	60	70	80	90	120
	-	55	60	70	80	90	100	140
	-	60	70	80	90	100	120	-
	-	-	80	90	100	120	140	-
-	-	-	100	120	140	-	-	



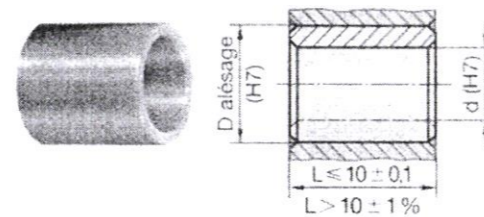
EXEMPLE DE DÉSIGNATION
Goujon M8 x 50 - bm 12 - classe 8.8 NFE 25-135

* Valeurs conseillées pour une bonne répartition des contraintes

Implantation bm
Métaux durs bm = 1,5 d Métaux tendres bm = 2 d

Tableau A-3: Coussinet cylindrique

Coussinets cylindriques					
d	D	L	d	D	L
2	5	2-3	18	24	18-22-28-36
4	8	4-8-12	20	26	16-20-25-32
5	9	4-5-8	22	28	18-22-28-36
6	10	6-10-12-16	25	32	20-25-32-40
8	12	8-12-16-20	28	36	22-28-36-45
10	16	10-16-20-25	30	38	24-30-38
12	18	12-16-20-25	32	40	20-25-32-40-50
14	20	14-18-22-28	35	45	25-35-40-50
15	21	16-20-25-32	40	50	25-32-40-50
16	22	16-20-25-32	45	55	35-45-55-65



Paramétrage du système :

- Le socle (1) du bras manipulateur est fixe dans le repère galiléen $\mathcal{R}_0(O_0, \bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$ ayant pour axe vertical descendant (O_0, \bar{x}_0) .
- Pour la configuration particulière $(\theta = \varphi = \mathbf{0})$, les solides (2) et (3) sont immobiles par rapport au socle (1). Ils sont alors considérés fixes dans le repère $\mathcal{R}_0(O_0, \bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$.
- $\mathcal{R}_3(A, \bar{x}_3, \bar{y}_3, \bar{z}_3)$ et $\mathcal{R}'_3(A, \bar{x}'_3, \bar{y}'_3, \bar{z}'_3)$ sont deux repères liés au solide (3) tel que $\bar{x}'_3 = \bar{x}_3$ et $\alpha_0 = (\bar{x}_3, \bar{x}'_3) = \frac{3\pi}{4} \text{ rad} = 135^\circ$.
- $\mathcal{R}_4(A, \bar{x}_4, \bar{y}_4, \bar{z}_4)$ et $\mathcal{R}'_4(A, \bar{x}'_4, \bar{y}'_4, \bar{z}'_4)$ sont deux repères liés au solide (4) tel que $\gamma = (\bar{x}_3, \bar{x}_4) = (\bar{z}_0, \bar{z}_4) = (\bar{x}_3, \bar{z}'_4)$ et $(\bar{x}'_4, \bar{x}_4) = (\bar{z}'_4, \bar{z}_4) = \frac{\pi}{4} \text{ rad} = 45^\circ$. On pose $\alpha = (\bar{x}_3, \bar{x}'_4) = (\bar{z}_3, \bar{z}'_4)$ et on montre que $\alpha = \gamma + \frac{\pi}{2}$ (voir schéma de la superposition plane des repères introduits, figure B-4)
- $\mathcal{R}_5(F, \bar{x}_5, \bar{y}_5, \bar{z}_5)$ est le repère lié au solide (5) tel que $\psi = (\bar{x}'_3, \bar{x}_5) = (\bar{z}_0, \bar{z}_5)$.
- $\mathcal{R}_{10}(B, \bar{x}_{10}, \bar{y}_{10}, \bar{z}_{10})$ est le repère lié au corps du vérin (10) tel que $\beta = (\bar{x}_3, \bar{x}_{10}) = (\bar{z}_3, \bar{z}_{10})$.
- $\mathcal{R}_8(\bar{x}_8, \bar{y}_8, \bar{z}_8)$ est la base du repère lié au brin tendu de la courroie (8) tel que $(\bar{x}_4, \bar{x}_8) = (\bar{z}_4, \bar{z}_8) = 10^\circ$.

Les paramètres et les données géométriques du mécanisme sont définis par les relations vectorielles qui suivent :

$$\overline{AF} = \overline{DE} = L \bar{z}_4; \quad \overline{IF} = \overline{HG} = L \bar{z}_5; ;$$

Les points FGHI forment un parallélogramme de même que les points ADEF :

$$\|\overline{DA}\| = \|\overline{EF}\| = \|\overline{FG}\| = \|\overline{IH}\| = \ell ;$$

$$\overline{CB} = \lambda \bar{x}_{10}; \quad \overline{AB} = b \bar{x}_3; \quad \overline{AC} = -c \bar{x}'_4$$

où :

- L, a, b et ℓ sont des caractéristiques dimensionnelles (constantes positives)
- $\alpha, \beta, \psi, \gamma$ et λ sont les paramètres temporels (variables de configuration)
- Pour $\gamma = 0$, le réglage est tel que $\bar{z}_0 = \bar{z}_4 = \bar{z}_5$

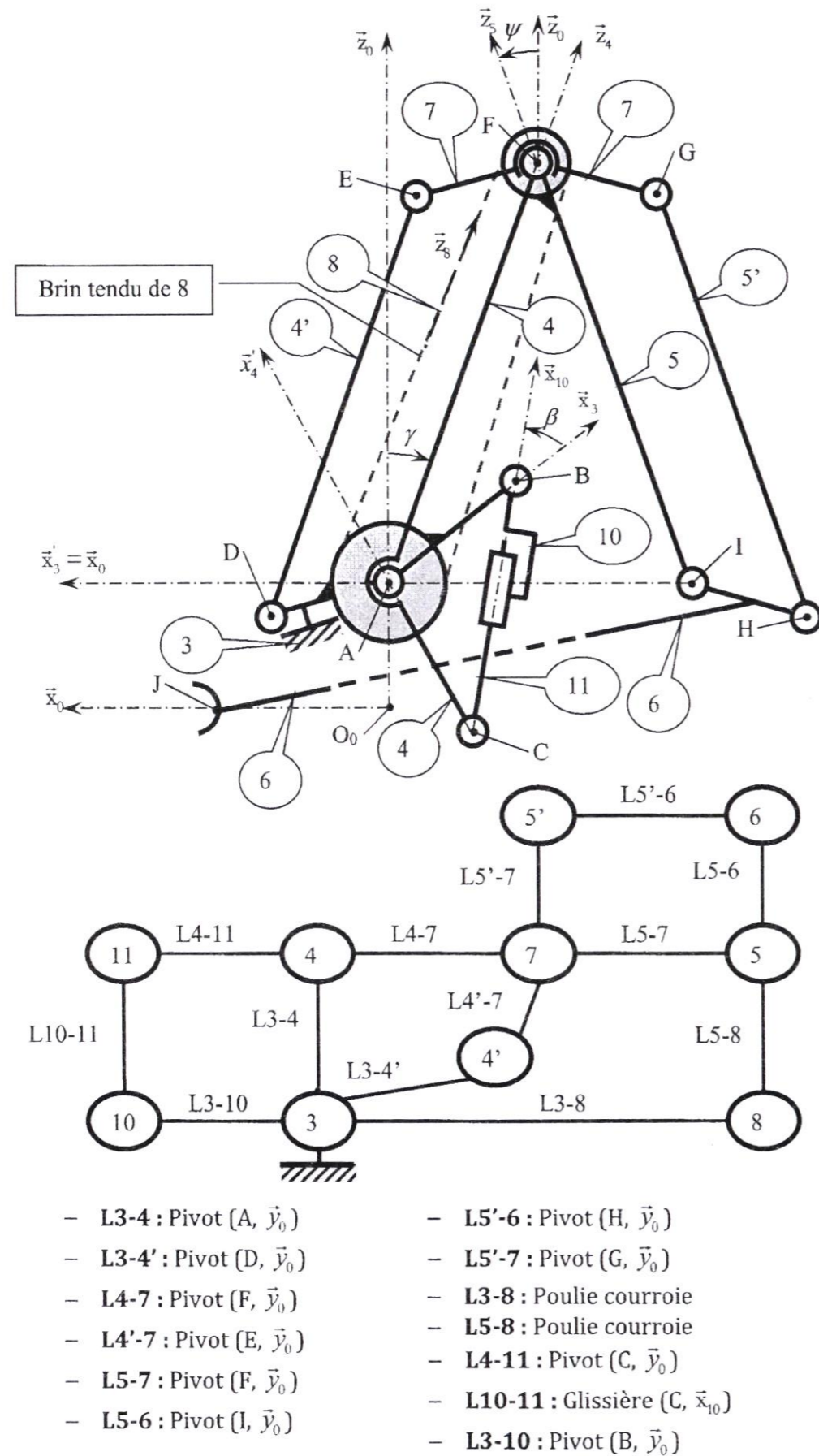


Figure B-3

Partie B : Mécanique des Solides Indéformables (M.S.I)

Cette partie est dédiée à l'étude du mécanisme bras articulé dans une configuration donnée, **figures B-1 et B-2**. En effet, les informations délivrées par la caméra de vision permettent de déterminer les coordonnées sphériques (ρ, θ, φ) à effectuer pour saisir un objet. On s'intéresse uniquement à la commande du paramètre ρ , les deux autres paramètres (θ et φ) seront supposés constants ($\theta = \varphi = 0$). Le mouvement du système est considéré dans le plan $(O_0, \bar{x}_0, \bar{z}_0)$ dont le schéma cinématique et le graphe des liaisons sont représentés par la **figure B-3**. Le paramétrage est donné à la page 10.

Description du mouvement du système

Le corps (10) du vérin est en liaison pivot d'axe (B, \bar{y}_0) avec le solide (3). Ce dernier est supposé immobile ($\theta = \varphi = 0$) dans le repère galiléen $\mathcal{R}_0(O_0, \bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$. La tige (11) du vérin est en liaison pivot d'axe (C, \bar{y}_0) avec le solide (4). Le mouvement de translation de (11) par rapport à (10) entraîne en rotation le solide (4) par rapport au solide (3) autour de l'axe (A, \bar{y}_0) . Le solide (4) est en liaison pivot d'axe (F, \bar{y}_0) avec le solide (7). Ce dernier est, d'une part, en liaison pivot d'axe (F, \bar{y}_0) avec le solide (5) et d'autre part, en liaison pivot d'axe (G, \bar{y}_0) avec le solide (5').

Le solide (6) est à la fois, en liaison pivot d'axe (I, \bar{y}_0) avec le solide (5) et en liaison pivot d'axe (H, \bar{y}_0) avec le solide (5').

Par ailleurs, le mouvement du solide (5) par rapport à (3) est synchronisé par un système poulie courroie.

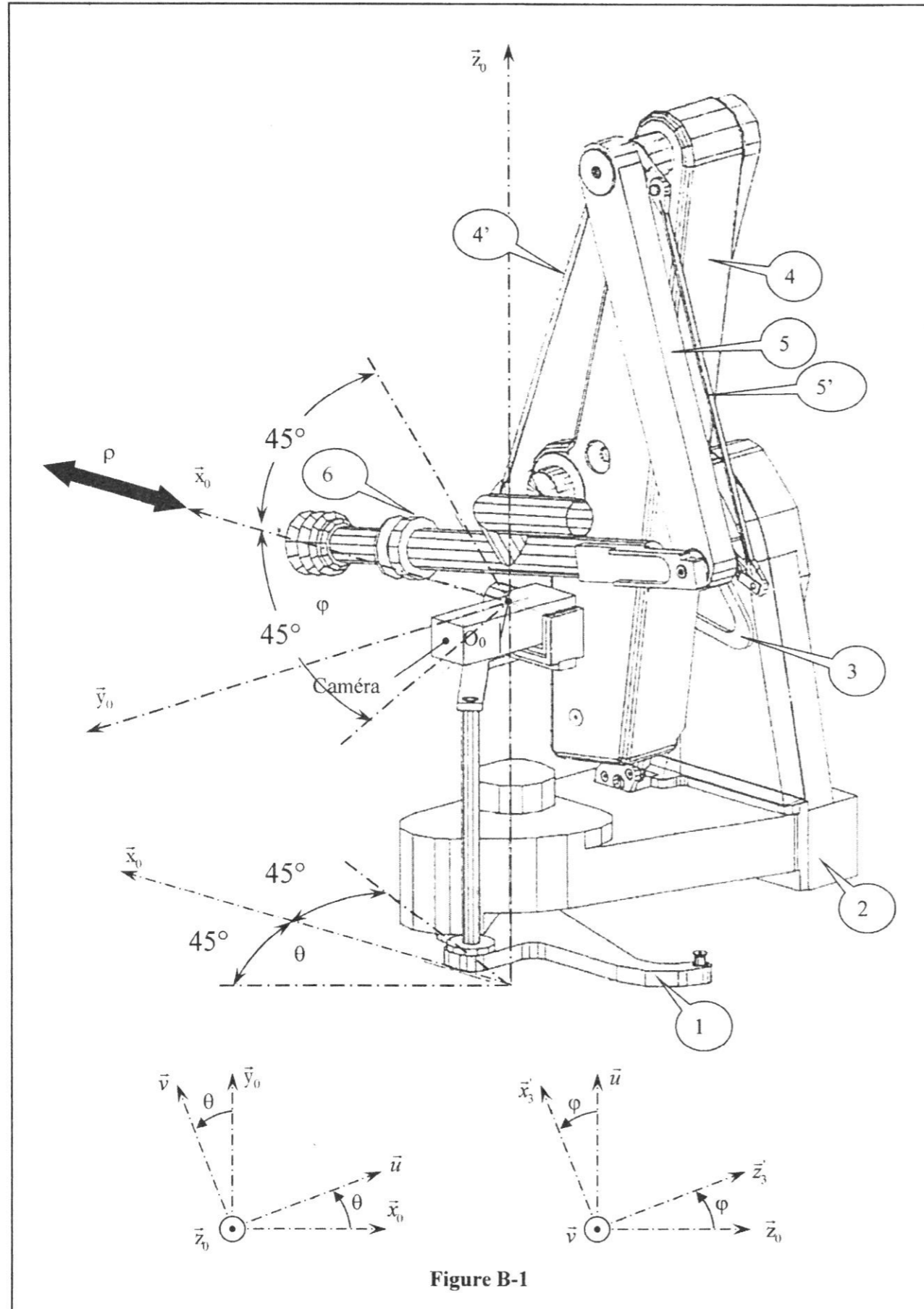
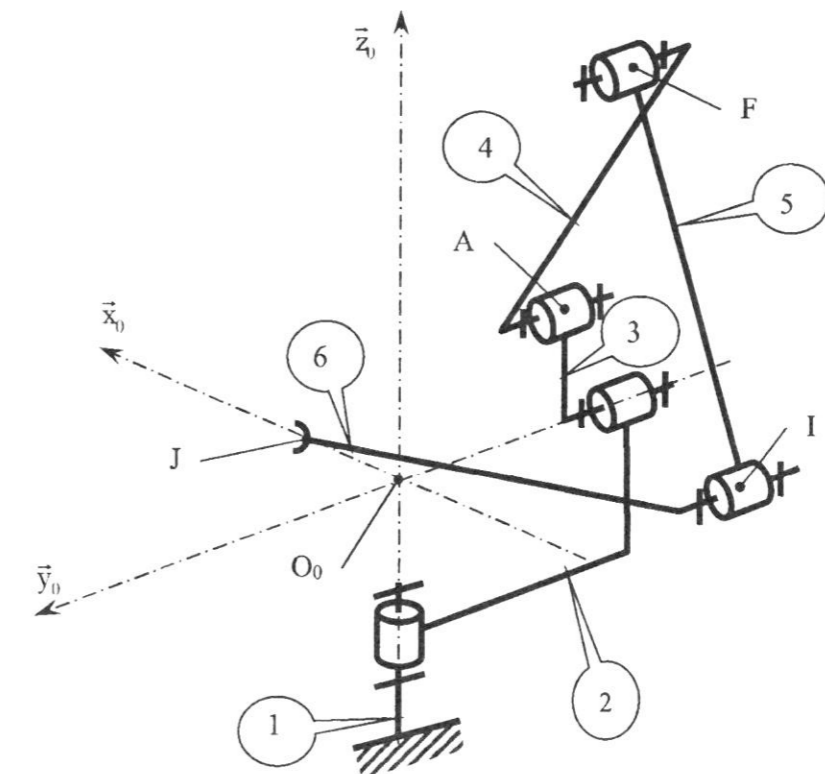


Figure B-1



- La liaison (2)-(1) pilote le paramètre θ
- La liaison (3)-(2) pilote le paramètre φ
- La chaîne {(3), (4), (5), (6)} pilote le paramètre ρ (Ce mécanisme est détaillé sur la figure B-3.)
- Le schéma cinématique ci-dessus est relatif pour $\theta = \varphi = 0$

Figure B-2

C31. Pour $K = 10^5$ et $A = 10$, tracer les diagrammes de bode de la fonction $H_3(p)$ sur la figure C5. On admettra que en dB, $G(60) = 0$ et $\varphi(500) = -135^\circ$.

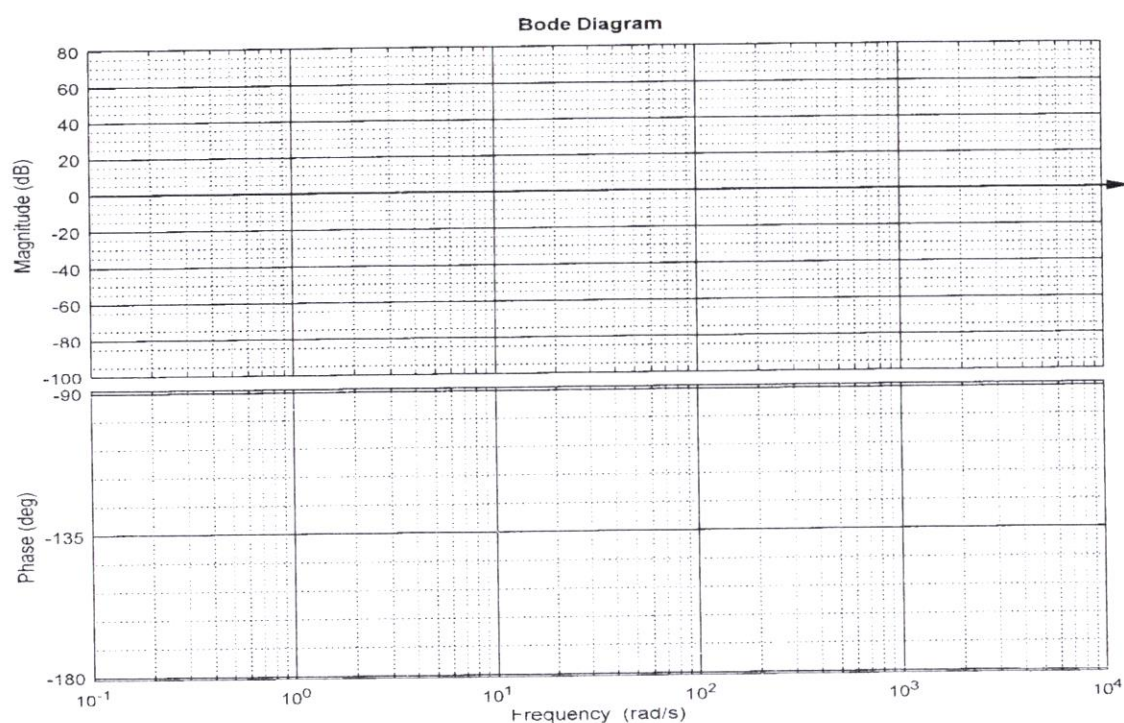


Figure C5. Diagrammes de Bode de $H_3(p)$

C32. Déterminer la nouvelle marge de gain.

$MG_2 = \dots\dots\dots$

C33. Déterminer la nouvelle marge de phase.

$M\varphi_2 = \dots\dots\dots$

C34. Pour $A = 10$, déterminer K pour avoir une erreur unitaire $\varepsilon_{1v}(\infty) < 2\%$.

$\varepsilon_{1v}(\infty) = \dots\dots\dots$

C35. En justifiant votre réponse, l'ajout de la boucle d'asservissement de vitesse avec le choix des correcteurs ont-ils permis de satisfaire le cahier des charges ?

.....

Partie A : Conception Mécanique

1. Donner le nom de chaque composant du schéma hydraulique **Figure A1**.

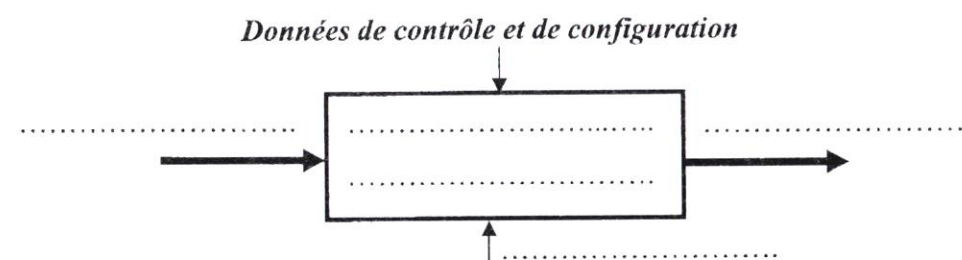
schéma hydraulique	Repère	Nom
	1Vérin à double effets.....
	2
	3
	4
	5

Figure A1 : schéma hydraulique

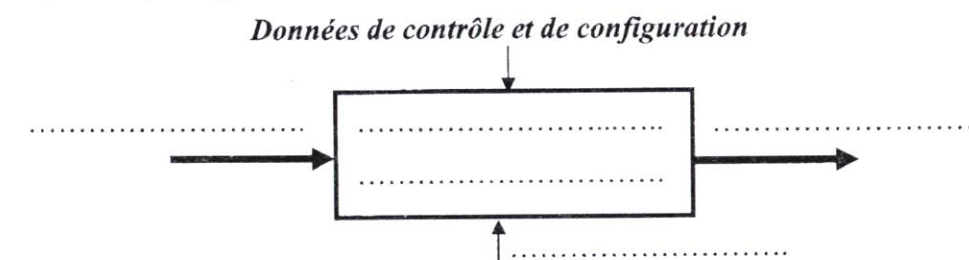
2. D'après le schéma hydraulique **Figure A1**, indiquer l'état de la tige du vérin «sortante» ou «rentrante» (cocher la case correspondante).

Tige du vérin	<input type="checkbox"/> Tige du vérin entrante	<input type="checkbox"/> Tige du vérin sortante
---------------	---	---

3. Complétez l'actigramme de niveau A-0 de l'élément 1 du schéma hydraulique **Figure A1**.



4. Complétez l'actigramme de niveau A-0 de l'élément 3 du schéma hydraulique **Figure A1**.



5. Compléter le tableau ci-dessus en utilisant le schéma hydraulique Figure A1.

	Donner l'élément
Pré actionneur
Actionneur

6. Donner le rôle des pièces suivantes (voir figure A-1 Mise en situation, Données & Hypothèses) :

Pièce	Rôle
14
15
16
19

7. Donner la désignation normalisée des pièces suivantes (voir figure A-1 Mise en situation, Données & Hypothèses) :

Pièce	Désignation normalisée
14
17

8. Donner le nom du matériau de chacune des pièces suivantes (voir figure A-1 Mise en situation, Données & Hypothèses) :

Pièce	Matériau
1
11
16
19

Dans la suite, on considèrera le schéma bloc de la Figure C4.

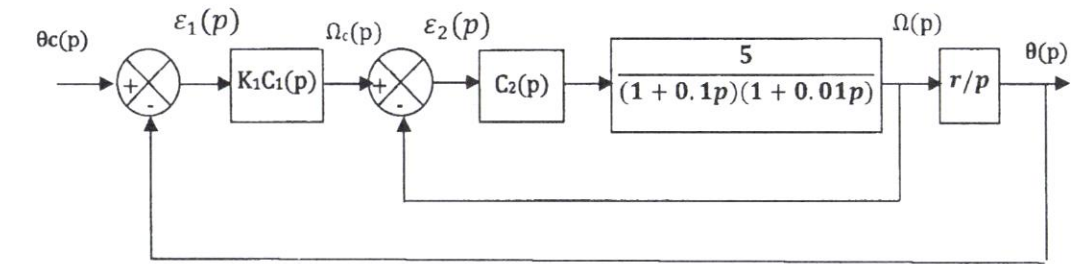


Figure C4 –Schéma fonctionnel de la motorisation avec asservissement de vitesse et de position

C25. Donner la fonction de transfert en boucle ouverte $H_2(p) = \frac{\Omega(p)}{\epsilon_2(p)}$

$$H_2(p) = \frac{\Omega(p)}{\epsilon_2(p)} = \dots$$

C26. En prenant $C_2(p) = A(1 + \tau p)$, avec $A > 0$ et $\tau > 0$, déterminer τ afin d'éliminer la constante du temps la plus petite dans la boucle de vitesse.

C27. Donner alors la nouvelle expression de $H_2(p)$.

$$H_2(p) = \frac{\Omega(p)}{\epsilon_2(p)} = \dots$$

C28. Donner la Fonction de Transfert en boucle ouverte $H_3(p)$ en fonction de K et A. (sans détails de calcul)

$$H_3(p) = \frac{\theta(p)}{\epsilon_1(p)} = \dots$$

C29. En déduire l'influence de K et A sur la stabilité du système.

C30. Pour $K = 10^5$ et $A = 10$, donner numériquement $H_3(p)$.

$$H_3(p) = \frac{\theta(p)}{\epsilon_1(p)} = \dots$$

C16. Déterminer la marge de gain.

MG₁ =

C17. Déterminer la marge de phase.

Mφ₁ =

C18. Conclure sur la stabilité du système.

.....

C19. A partir de la figure C3, déterminer la valeur de K.

.....

.....

C20. Montrer que l'erreur de position unitaire ε_{1p}(∞) ne dépend pas de K.

.....

.....

C21. Déterminer l'erreur statique unitaire de vitesse ε_{1v}(∞) en fonction de K.

.....

C22. Pour la valeur de K trouvée, peut-on assurer une erreur de vitesse ε_{1v}(∞) < 2%.

.....

.....

C23. Déterminer la valeur critique K_c de stabilité.

.....

.....

C24. Pour répondre au cahier des charges, La connaissance de la valeur critique K_c nous permettra-t-elle d'assurer une erreur ε_{1v}(∞) < 2% (Justification)

.....

.....

.....

Partie B : Mécanique des Solides Indéformables (M.S.I.)

Étude du Paramétrage

La technologie du mécanisme impose que $-10^\circ < \gamma < +45^\circ$. Ainsi, l'objet de cette étude est d'exprimer le paramètre λ en fonction de γ afin de calculer les bornes de son intervalle de variation (valeurs limites de λ correspondantes à $\gamma = -10^\circ$ et à $\gamma = +45^\circ$).

- 9. Exprimer la fermeture géométrique de la chaîne des solides (3), (4), (10) et (11) puis écrire deux équations scalaires qui découlent de la projection sur la base du repère $\mathcal{R}_{10}(B, \bar{x}_{10}, \bar{y}_{10}, \bar{z}_{10})$. La première équation exprime λ en fonction de α et de β et la deuxième exprime β en fonction de α .

.....

Eq. 1 :
 Eq. 2 :

- 10. Dédurre que $\beta = \arctan\left(\frac{c \cos \gamma}{b - c \sin \gamma}\right)$ puis calculer les deux valeurs limites du paramètre λ correspondantes à $\gamma = -10^\circ$ et à $\gamma = +45^\circ$ et en déduire la course de la tige du vérin. On donne : b=c=150 mm

.....

.....

	$\gamma = -10^\circ$	$\gamma = +45^\circ$
λ (mm)
Course de la tige du vérin(mm)	

Étude cinématique

L'objectif de cette étude cinématique est de déterminer la nature du mouvement de la trompe (6) par rapport au repère $\mathcal{R}_0(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$.

On désigne par K_3 et K_5 les deux points de contact du brin tendu de la courroie (8) respectivement avec les deux poulies solidaires aux solides (3) et (5) (Figure B1).

On adopte la notation suivante des vecteurs vitesses de rotation de (3)/(4) et de (5)/(4) : $\vec{\Omega}(3/4) = \omega_{34} \vec{y}_0$ et $\vec{\Omega}(5/4) = \omega_{54} \vec{y}_0$. Le mouvement du brin tendu par rapport à (3) et à (5) est linéaire sans glissement.

On note par r_3 et r_5 les rayons respectifs de (3) et de (5) avec $r_3 = 2r_5$.

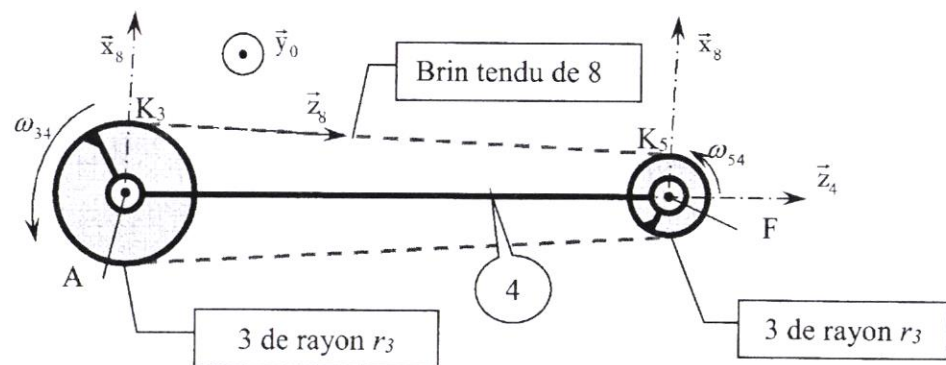


Figure B1

C13. On désire avoir un schéma fonctionnel à retour unitaire ; indiquer alors la condition à imposer sur K_1 .

C14. Compléter le schéma bloc de la Figure C2.

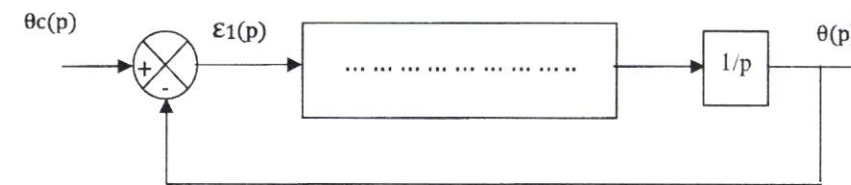


Figure C2. Schéma fonctionnel de l'asservissement de position à retour unitaire

Pour $C_1(p) = K$ et $K_2 = 6.10^{-2} \text{ V/mm}$; $\tau_e = 10^{-2} \text{ s}$, $\tau_m = 10^{-1} \text{ s}$ et $r = 10^{-2}$.

C15. En déduire la fonction de transfert en boucle ouverte $H_1(p)$ en fonction de K .

$$H_1(p) = \frac{\theta(p)}{\epsilon_1(p)} = \dots$$

On donne sur la figure C3, les diagrammes de Bode de $H_1(p)$.

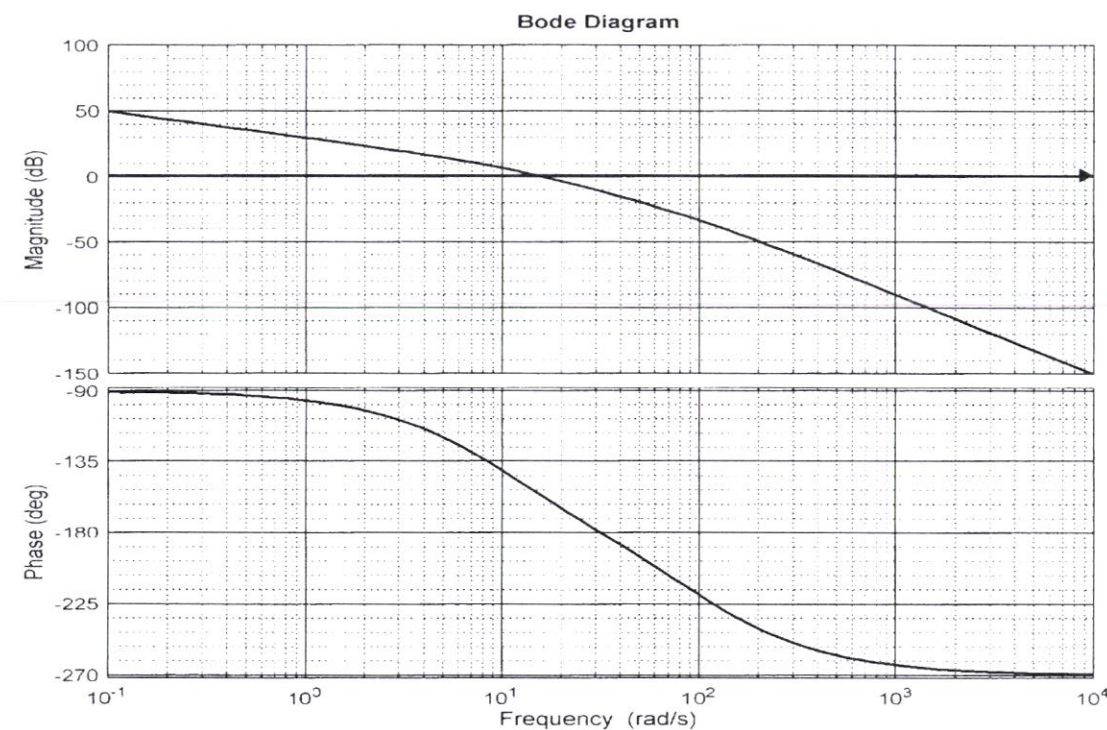


Figure C3. Diagrammes de Bode de $H_1(p)$

C11. Compléter le tableau de Karnaugh de la sortie **S**, en déduire son expression simplifiée.

ab	00	01	11	10
cd				
00				
01				
11				
10				

S =

C12. Compléter le tableau de Karnaugh de la sortie **R**, en déduire son expression simplifiée.

ab	00	01	11	10
cd				
00				
01				
11				
10				

R =

Section C.II- Étude de l'asservissement de position de la trompe (6).

On se propose dans cette section, d'étudier le positionnement pour saisir un objet, précisément le déplacement suivant un axe (les deux autres sont supposés constants) et d'analyser les solutions techniques mises en jeu afin de répondre au cahier des charges.

Cahier des charges : On souhaite avoir une **marge de Gain > 15 dB**, une **marge de phase > 45°**, une **erreur de position nulle** et une **erreur de vitesse inférieure à 2%**.

Dans une première étude on va considérer le schéma fonctionnel donné par la **figure C1**.

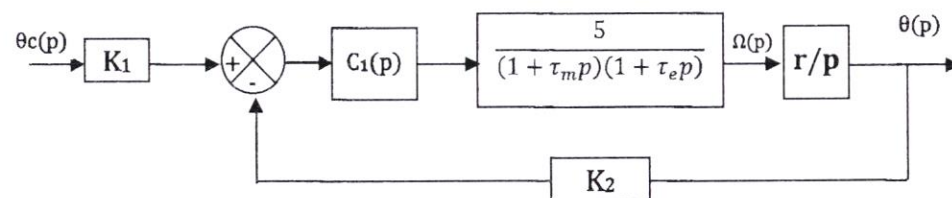


Figure C1. Schéma fonctionnel de la motorisation avec asservissement de position

11. Déterminer les vitesses aux points K_3 et K_5 du brin (8) par rapport au solide (4) : $\vec{V}(K_3 \in 8/4)$ et $\vec{V}(K_5 \in 8/4)$.

.....

$\vec{V}(K_3 \in 8/4) = \dots\dots\dots$
 $\vec{V}(K_5 \in 8/4) = \dots\dots\dots$

12. Calculer le rapport des vitesses $\frac{\omega_{34}}{\omega_{54}}$

.....

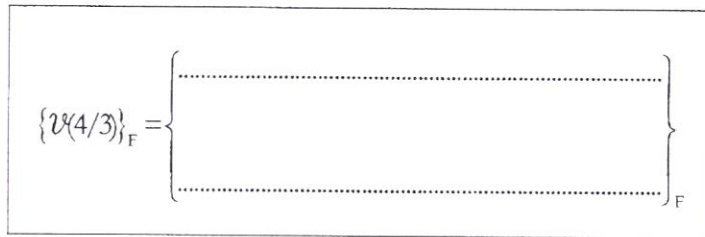
$\frac{\omega_{34}}{\omega_{54}} = \dots\dots\dots$

13. Déduire alors que $\omega_{53} = -\omega_{43}$ ($\Rightarrow \dot{\psi} = \dot{\gamma}$)

.....

14. Déterminer le torseur cinématique du solide (4) au point F au cours de son mouvement par rapport au solide (3) : $\{V(4/3)\}_F$ (exprimé dans la base $\mathcal{B}_4(\bar{x}_4, \bar{y}_0, \bar{z}_4)$ en fonction de L et $\dot{\gamma}$) puis déduire $\vec{V}(F \in 7/3)$:

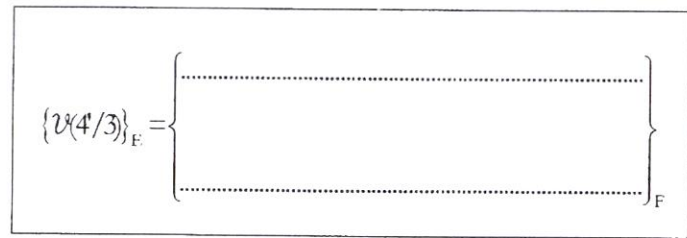
.....



$\vec{V}(F \in 7/3) = \dots\dots\dots$

15. Déterminer le torseur cinématique du solide (4') au point E au cours de son mouvement par rapport au solide (3) : $\{V(4'/3)\}_E$ (exprimé dans la base $\mathcal{B}_4(\bar{x}_4, \bar{y}_0, \bar{z}_4)$ en fonction de L et $\dot{\gamma}$) puis déduire $\vec{V}(E \in 7/3)$

.....



Partie C : Automatique

Section C.I- Étude du circuit de contrôle des balles

L'objectif de cette partie est l'étude du circuit de contrôle des balles en fonction de leurs dimensions

On demande de :

C1 à C6. Compléter les détails manquants en s'aidant de la figure C-2 du document mise en situation données et hypothèses.

Le palpeur 1, qui contrôle la largeur comporte deux capteurs de position a et b :

C1. si la dimension est trop grande : a = b = ;

C2. si la dimension est trop petite : a = b = ;

C3. a = 1 b = 1.

Le palpeur 2, qui contrôle la longueur comporte deux capteurs de position c et d :

C4. si la dimension est trop grande : c = d = ;

C5. si la dimension est trop petite : c = d = ;

C6. c = 1 d = 1.

C7 à C9. Compléter la table de vérité ci-dessous (pour les cases indéterminées si elles existent, on utilisera le symbole (x))

a	b	c	d	C7: V	C8: S	C9: R
0	0	0	0			
0	0	0	1			
0	0	1	0			
0	0	1	1			
0	1	0	0			
0	1	0	1			
0	1	1	0			
0	1	1	1			
1	0	0	0			
1	0	0	1			
1	0	1	0			
1	0	1	1			
1	1	0	0			
1	1	0	1			
1	1	1	0			
1	1	1	1			

C10. Déterminer l'expression simplifiée de la sortie V sans faire le tableau de Karnaugh.

V =

$$\{v(5'/3)\}_H = \left\{ \begin{array}{l} \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \end{array} \right\}_H$$

19. Montrer alors que le mouvement de **(6)/(3)** est une translation rectiligne suivant \vec{x}_0

Etude dynamique et énergétique

L'objectif de l'étude dynamique et énergétique est de déterminer l'expression de la tension du brin tendu de la courroie (8) ainsi que celle de l'effort exercé par le vérin.

Hypothèses

– L'accélération de la pesanteur est définie par: $\vec{g} = g \vec{x}_0$ où g est une constante positive.

– L'action de la tige **(11)** du vérin sur le solide **(4)** au point C est modélisée par le torseur glisseur : $\{\tau_{11 \rightarrow 4}\}_C = \left\{ \begin{array}{l} -F_v \vec{x}_{10} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_C$.

– L'action de la courroie **(8)** sur la poulie de **(5)** au point F est modélisée par le torseur glisseur $\{\tau_{8 \rightarrow 5}\}_F = \left\{ \begin{array}{l} \frac{4}{3} T \vec{z}_8 \\ \frac{2}{3} r_5 T \vec{y}_0 \end{array} \right\}_F$.

– L'action de **(3)** sur **(4')** au point D est modélisée par le torseur glisseur $\{\tau_{3 \rightarrow 4'}\}_D = \left\{ \begin{array}{l} Z_{34'} \vec{z}_4 \\ \vec{0} \end{array} \right\}_D$.

TMD en projection sur \vec{y}_0 :

.....

.....

33. Déduire l'expression de la tension **T** dans le brin tendu de la courroie en fonction de γ et ses dérivées ainsi que des grandeurs caractéristiques du mécanisme (sans aucune autre inconnue d'action mécanique).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

T =

.....

34. Appliquer le théorème de l'énergie cinétique au système Σ au cours de son mouvement par rapport au solide **(3)** pour déduire l'expression de la force F_v exercée par la tige **(11)** du vérin sur le solide **(4)** en fonction de T, γ et ses dérivées ainsi que des grandeurs caractéristiques du mécanisme.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

$$\{\mathcal{E}(4/3)\}_A = \left\{ \begin{array}{l} \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \end{array} \right\}_A$$

21. Déterminer le torseur dynamique du solide **(4)** au point A dans son mouvement par rapport au solide **(3)** en fonction de γ et ses dérivées ainsi que des grandeurs caractéristiques du mécanisme (exprimés dans la base $\mathcal{R}_0(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$):

.....

.....

.....

.....

$$\{\mathcal{D}(4/3)\}_A = \left\{ \begin{array}{l} \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \end{array} \right\}_A$$

22. Déterminer le torseur cinétique du solide **(5)** au point G_5 dans son mouvement par rapport au solide **(3)** en fonction de γ et sa dérivée première ainsi que des grandeurs caractéristiques du mécanisme (exprimés dans la base $\mathcal{R}_0(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$):

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

$$\mathcal{P}(\vec{\Sigma} \rightarrow \Sigma/3) = \dots\dots\dots$$

30. Déterminer la puissance développée par les actions mécaniques intérieures s'exerçant au système Σ au cours de son mouvement par rapport au solide **(3)**.

$$\mathcal{P}_{int}(\Sigma) = \dots\dots\dots$$

31. En appliquant le théorème de la résultante dynamique au solide **(6)** au cours de son mouvement par rapport au solide **(3)**, exprimer dans la base $\mathcal{R}_0(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ les composantes de l'action mécanique de **(5)** sur **(6)** en fonction des données et des paramètres du système.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

$$\{\mathcal{E}(6/3)\}_{G_6} = \left\{ \begin{array}{l} \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \end{array} \right\}_{G_6}$$

25. Déterminer le torseur dynamique du solide (6) au point G_6 dans son mouvement par rapport au solide (3) en fonction de γ et ses dérivées ainsi que des grandeurs caractéristiques du mécanisme (exprimés dans la base $\mathcal{B}_0(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$) :

.....

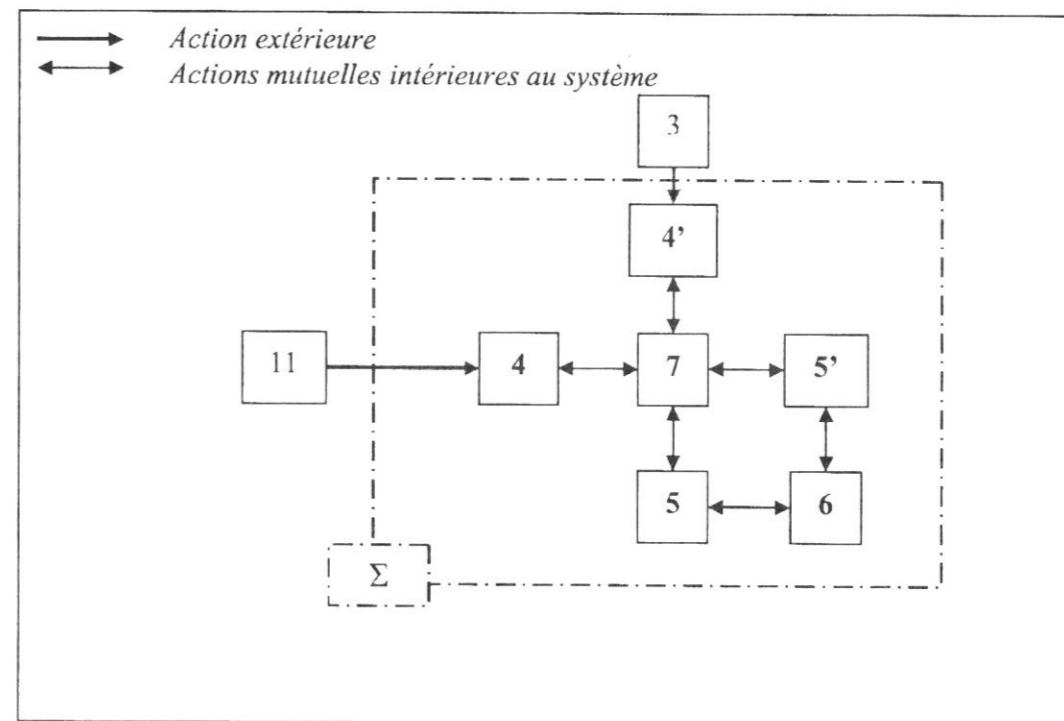
$$\{\mathcal{D}(6/3)\}_{G_6} = \left\{ \begin{array}{l} \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \end{array} \right\}_{G_6}$$

26. Déterminer l'expression de l'énergie cinétique du système $\Sigma = \{4, 4', 5, 5', 6, 7\}$ au cours de son mouvement par rapport au solide (3).

.....

$$E_C(\Sigma/3) = \dots\dots\dots$$

27. Sur le diagramme ci-dessous, compléter le bilan des actions mécaniques extérieures appliquées au système $\Sigma = \{4, 4', 5, 5', 6, 7\}$



28. Ecrire les torseurs des actions mécaniques extérieures appliquées au système $\Sigma = \{4, 4', 5, 5', 6, 7\}$ en leurs points d'application. Les exprimer dans la base $\mathcal{B}_0(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$.

Torseurs des actions mécaniques extérieures au système Σ :

$$\{\tau_{11 \rightarrow 4}\}_C = \begin{Bmatrix} -F_1 \vec{x}_{10} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_C = \left\{ \begin{array}{l|l} \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \end{array} \right\}_{C}^{\mathcal{B}_0}; \dots\dots\dots$$

$$\{\tau_{3 \rightarrow 4'}\}_D = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ Z_{34'} & 0 \end{Bmatrix}_D = \left\{ \begin{array}{l|l} \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \end{array} \right\}_{D}^{\mathcal{B}_0}; \dots\dots\dots$$

.....

