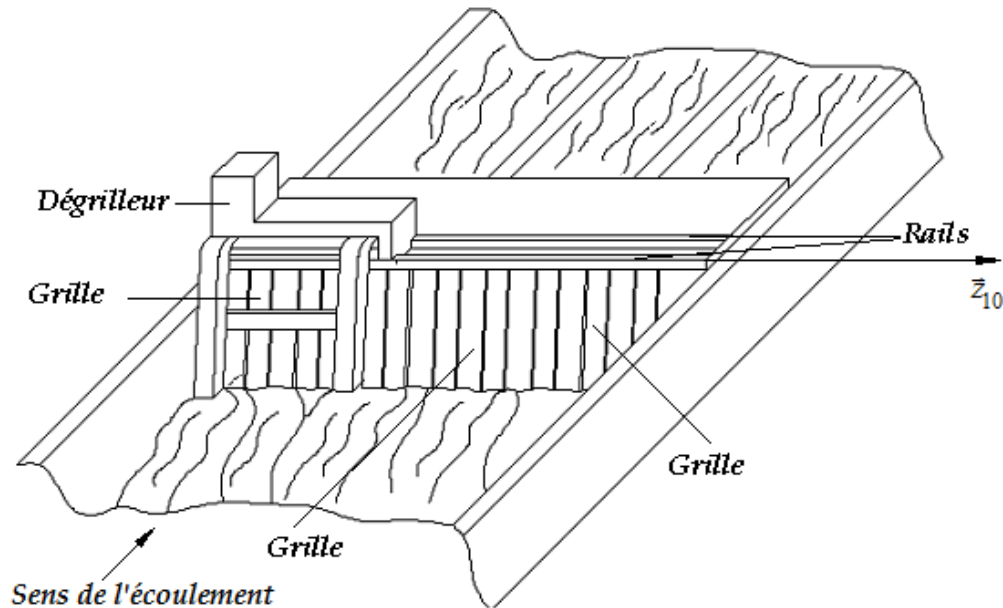


### Présentation et mise en situation d'un dégrilleur

L'eau qui alimente les centrales hydroélectriques de montagne provient d'une conduite forcée d'un barrage. L'eau collectée est souvent polluée par la présence de feuilles, branchages. Ces polluants peuvent entraîner une dégradation des pales de la turbine. Il est alors nécessaire d'installer une grille, en amont, pour filtrer l'eau. Se pose alors le problème de l'accumulation des déchets sur la grille.

**Figure 1-a**

Position du dégrilleur



Toute obstruction (même partielle) de celle-ci réduit la vitesse de l'écoulement de l'eau et fait chuter le rendement de l'installation.

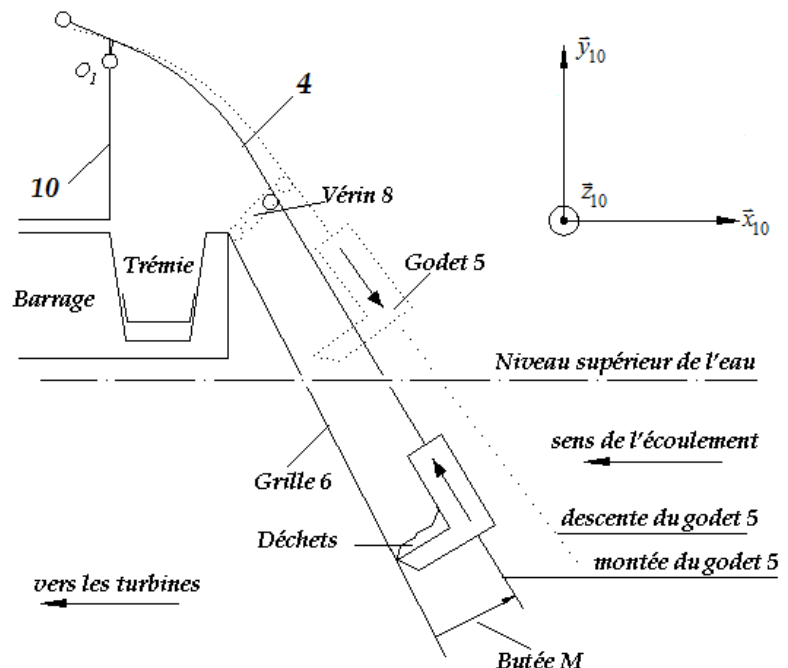
Le dégrilleur étudié dans ce sujet a pour fonction de : **Nettoyer périodiquement la grille.**

### Description du dégrilleur

**Figure 1-b**

Le dégrilleur est constitué par :

- \* Un châssis mécano-soudé (10) pouvant translater le long de la direction  $\bar{z}_{10}$  grâce à un moteur hydraulique et un système pignon-crémaillère.
- \* Un bras de guidage (4): il est en liaison pivot avec le châssis (10) au point  $O_1$ . Son mouvement est commandé par le vérin(8).
- \* Un godet (5): il est en liaison glissière avec le bras (4) par l'intermédiaire de galets et glisse sur la grille grâce à un moteur et système pignon-chaîne.
- \* Une trémie : elle récupère les déchets qui seront évacués par un tapis roulant.



**Figure 1-b : Schéma d'implantation**

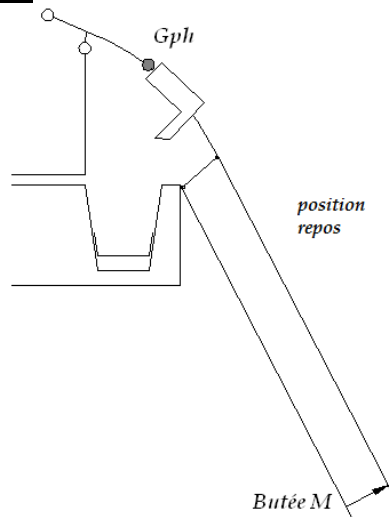
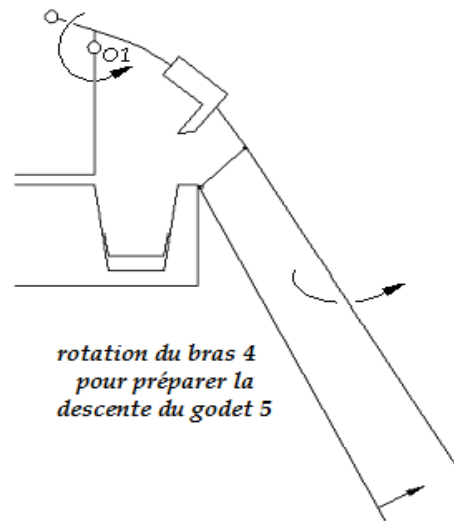
### Fonctionnement

**Figure 2-a** : Position repos :

- Le godet est en position haute. Le bras 4 est en butée au point M

**Figure 2-b** : Position de descente du godet :

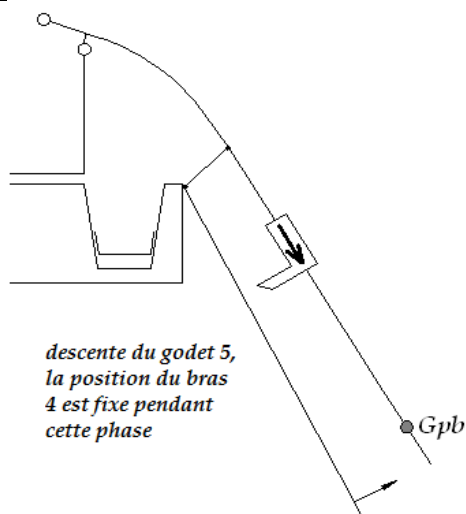
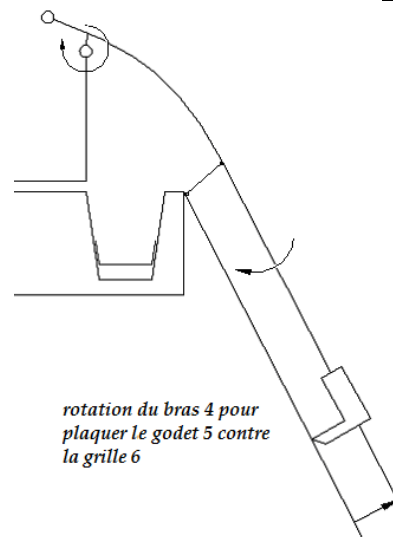
- L'action du vérin (8) sur (4) provoque la rotation de 4 autour de  $O_1$ , jusqu'à la position de fin de sortie du vérin(8).

**Figure 2-a****Figure 2-b****Figure 2-c : Descente du godet**

- Un moteur hydraulique commande la descente du godet par l'intermédiaire d'un système pignon chaîne (il n'y a pas de contact entre la grille et le godet pendant la descente).

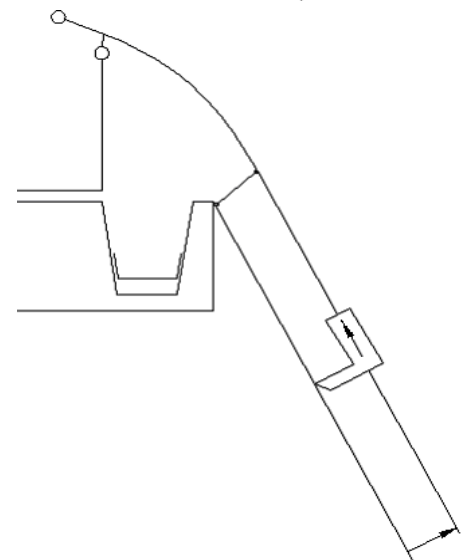
**Figure 2-d :**

- Le vérin 8 exerce un effort sur le bras 4 servant à le plaquer sur la butée M.

**Figure 2-c****Figure 2-d****Figure 2-e : Nettoyage de la grille**

- Le godet, au cours de la montée, racle la grille 6 et évacue en fin de course les déchets dans la trémie.

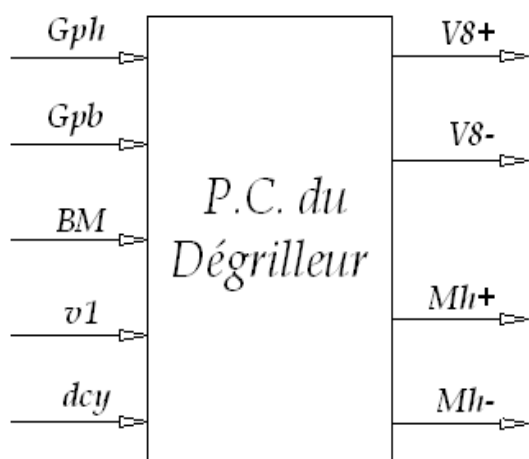
Lorsque le godet atteint la position Gph : (godet en position haute) il doit attendre 60 secondes pour l'évacuation des déchets dans la trémie.



**Partie I<sup>o</sup> - Analyse fonctionnelle et étude de systèmes logiques :**

**Question 1-1 :** Compléter sur le document réponse DR1 le diagramme FAST partiel de la fonction de service **FS1 : NETTOYER PERIODIQUEMENT LA GRILLE**

**Question 1-2 :** Pour une position donnée du châssis (10) et en utilisant le bilan des entrées/sorties, défini ci-dessous, modéliser le fonctionnement du dégrilleur à l'aide d'un grafcet.



Bilan des entrées / sorties

<b>Gph</b> :	godet en position haute
<b>Gpb</b> :	godet en position basse
<b>v1</b> :	sortie du vérin
<b>BM</b> :	appui sur la butée M
<b>dcy</b> :	départ du cycle de fonctionnement
<b>V8+</b> :	sortir vérin 8
<b>V8-</b> :	entrer vérin 8
<b>Mh-</b> :	tourner moteur hydraulique dans le sens de descente.
<b>Mh+</b> :	tourner moteur hydraulique dans le sens de montée.

**Etude de la roue codeuse :**

La position du dégrilleur le long de la direction  $\vec{z}_{10}$  est **mesurée** par une **roue codeuse**.

Une **roue codeuse** est une roue équipée d'un dispositif permettant de contrôler finement sa rotation. Des pistes électriques en tournant reproduisent un code permettant de mesurer l'angle de rotation de la roue. Des contacts placés sur ces pistes permettent de générer des signaux binaires. Dans le cas qui nous intéresse, les contacts sont branchés directement sur la partie commande.

Afin de contrôler chaque 1/10 de tour, un ensemble de détecteurs lit 4 pistes angulaires adjacentes situées sur un disque, de 10 secteurs, lié à l'arbre moteur.

On cherche à réaliser un transcodeur permettant le passage du code  $E = (e_1, e_2, e_3, e_4)$  délivré par la roue codeuse au **code Gray (binaire réfléchi)**.

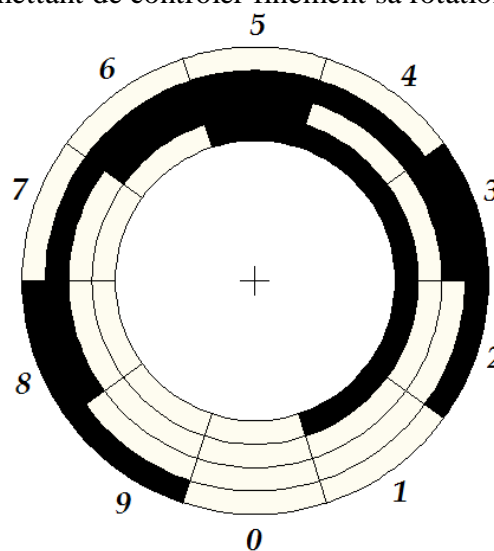


Schéma de la roue codeuse

**Piste (i) noire**  $\Rightarrow e_i = 1$

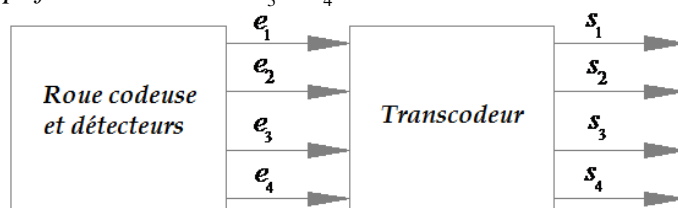
**Piste (i) blanche**  $\Rightarrow e_i = 0$

**Question 1-3 : sur le document réponse DR2**

Compléter la table de vérité.

Compléter les tableaux de Karnaugh des sorties  $s_3$  et  $s_4$ .

Donner les équations simplifiées des sorties  $s_3$  et  $s_4$ .



**Partie II•- Etude mécanique du dégrilleur :****Etude dynamique du dégrilleur :**

On se met dans la situation la plus contraignante pour le vérin(8), à savoir dé-plaquer le godet(5) (chargé et en position basse) de la grille(6). La **figure 3** représente le schéma cinématique du dégrilleur dans une situation. Le support(10)est fixe. La liaison glissière entre le godet(5) et le bras(4) est bloquée, en position basse.

**Dimensionnement du vérin 8**

\*  $R_{10}(O_1; \bar{x}_{10}, \bar{y}_{10}, \bar{z}_{10})$  = repère lié au support(10), **supposé galiléen**.

\*  $(O_1, \bar{z}_{10})$  = axe de la liaison pivot parfaite entre le support (10) et le bras(4).

\* L'action du vérin (8) monté entre(10) et(4) est modélisée par un glisseur en D ;

$$\vec{R}(8 \rightarrow 4) = F \cdot \bar{y}_8$$

$$\overline{O_1 G_5} = -y_5 \cdot \bar{y}_4 - x_5 \cdot \bar{x}_4 ; \quad \overline{O_1 G_4} = -y_4 \cdot \bar{y}_4 ;$$

$$\overline{CD} = \lambda \cdot \bar{y}_8 ; \quad \overline{O_1 D} = -\mu \cdot \bar{y}_4 ;$$

\*  $I_4$  : le moment d'inertie de (4) par rapport à l'axe  $(O_1, \bar{z}_{10})$ .  $m_4$  masse du bras(4).

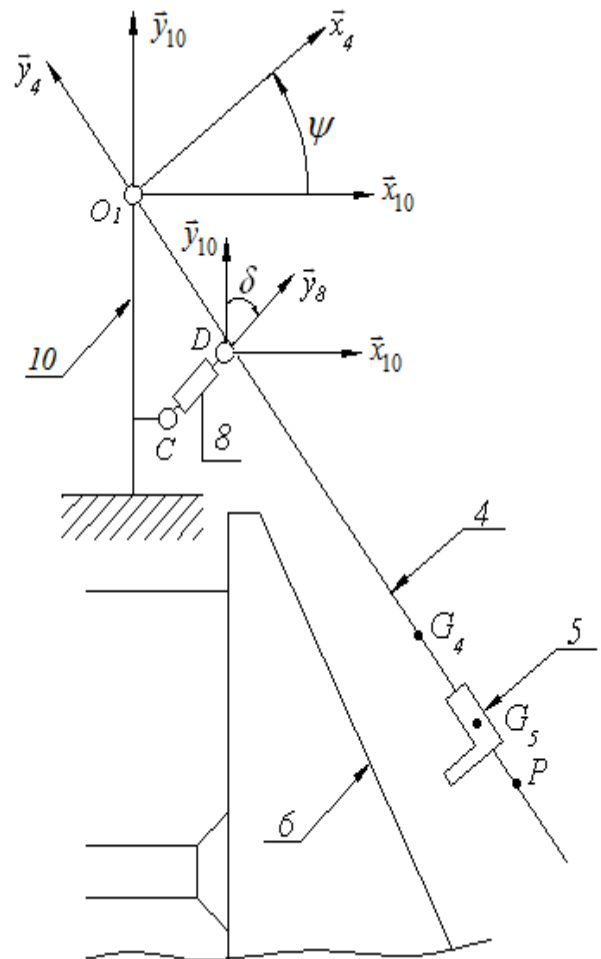
\*  $I_5$  : le moment d'inertie de (5) par rapport à l'axe  $(G_5, \bar{z}_{10})$ .  $m_5$  : la masse du godet(5).

\* L'action de l'eau sur le bras (4) due au courant est modélisée par un glisseur  $\vec{F}(Eau \rightarrow 4) = -F_p \cdot \bar{x}_4$  appliqué au point P avec  $\overline{O_1 P} = -y_p \cdot \bar{y}_4$

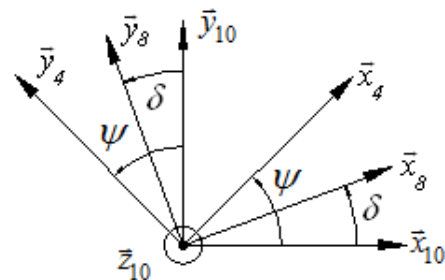
\* L'accélération de la pesanteur  $\vec{g} = -g \cdot \bar{y}_{10}$ .

**Question 2-1 :** Déterminer l'expression de la projection sur  $\bar{z}_{10}$  du moment dynamique en  $O_1$  de l'ensemble  $S = \{4, 5\}$  par rapport au châssis(10).

**Question 2-2 :** Par application du théorème du moment dynamique, déterminer l'expression littérale de l'effort F que devra fournir le vérin(8) sur l'ensemble  $S = \{4, 5\}$  en fonction de  $F_p$ , des caractéristiques d'inertie, des paramètres géométriques, de l'angle  $(\psi)$  et de ses dérivées.



**Figure 3**

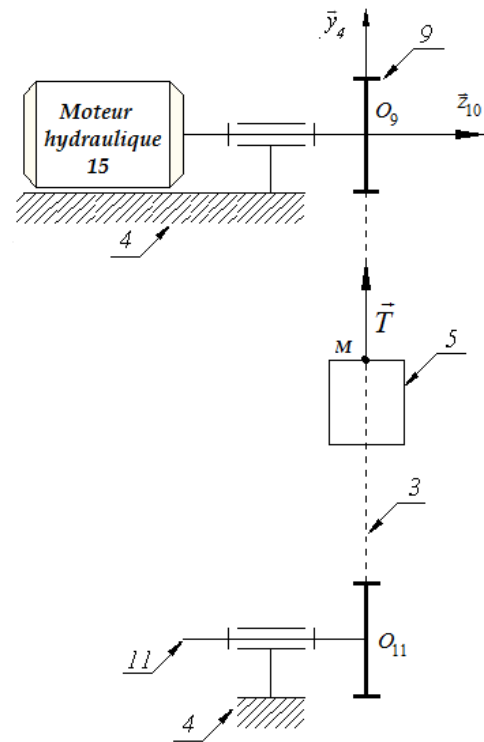
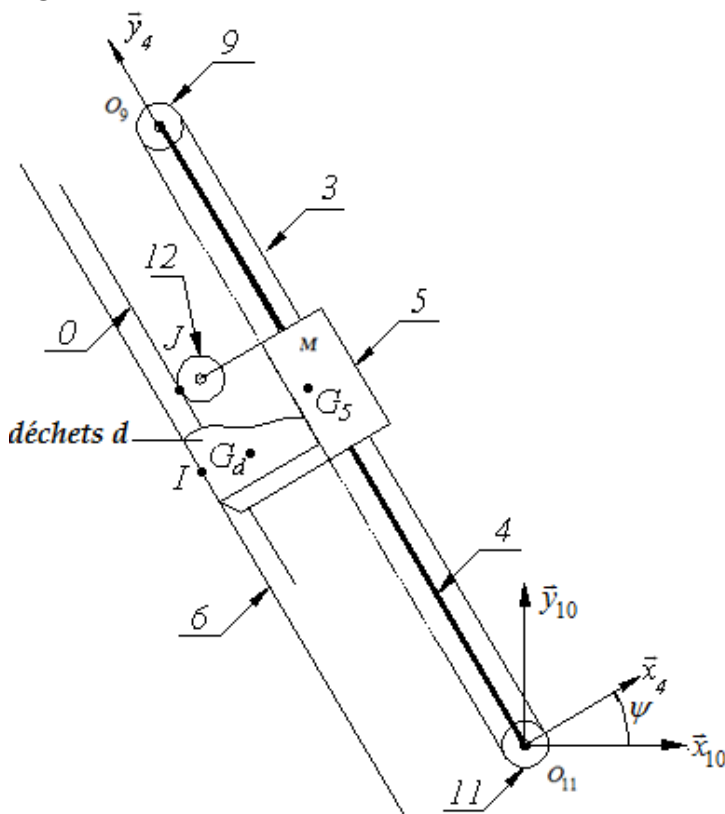


Dimensionnement du moteur hydraulique 15 :

La **figure 4** représente le schéma cinématique du dégrilleur dans la configuration correspondante à la phase de nettoyage de la grille (6). Un moteur hydraulique (15) commande la montée du godet (5) par rapport au bras (4) par l'intermédiaire des pignons (9), (11) et la chaîne (3) (voir **figure 5**).

Hypothèses :

- Le bras (4) est considéré fixe par rapport à 0 dans cette phase de mouvement.  $\psi = \text{constante}$
- Le repère  $R_4 (O_{11}; \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z}_{10})$  est supposé **galiléen**.
- Pas de glissement entre la chaîne (3) et les pignons (9) et (11) .
- Aucun mouvement entre les déchets et le godet (5).
- **L'équilibrage dynamique** des solides en rotation est parfaitement réalisé.
- Le galet (12) roule sans glisser sur 0 en  $J$  . Le contact est supposé avec frottement.

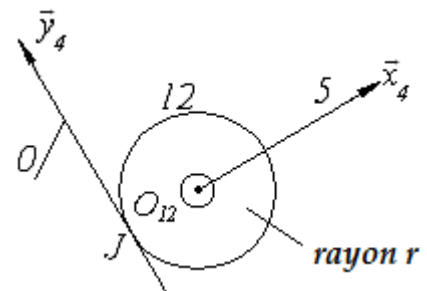
**Figure 4****Figure 5**Données :

- $I_{12}$  : Moment d'inertie du galet 12 par rapport à l'axe  $(O_{12}, \vec{z}_{10})$ .  $m_{12}$  : Sa masse.  $O_{12}$  son centre d'inertie.  $r$  : Son rayon
- Les roues 9 et 11 sont identiques, de rayons  $R$ , de moment d'inertie par rapport à leurs axes de rotation est  $I = I_9 = I_{11}$ .
- Le godet (5), de masse  $m_5$ , est en liaison glissière parfaite avec le bras (4) de direction  $\vec{y}_4$  (le paramètre du mouvement de translation est  $y$ ,  $\vec{O}_{11}G_5 = -x_5.\vec{x}_4 + y.\vec{y}_4$ ).
- La masse de la chaîne (3) est négligeable.
- La liaison 9/4 est pivot parfaite d'axe  $(O_9, \vec{z}_{10})$ . On donne  $\vec{\Omega}_{9/4} = \omega_m.\vec{z}_{10}$ .

- La liaison 11/4 est pivot parfaite d'axe  $(O_{11}, \vec{z}_{10})$ . On donne  $\vec{\Omega}_{11/4} = \omega_{11} \cdot \vec{z}_{10}$ .
- La liaison 12/5 est pivot parfaite d'axe  $(O_{12}, \vec{z}_{10})$ . On donne  $\vec{\Omega}_{12/5} = \omega_{12} \cdot \vec{z}_{10}$ .
- Les déchets sont assimilés à un solide indéformable  $(d)$  de masse  $m_d$  et de centre d'inertie  $G_d$ .
- L'accélération de la pesanteur  $\vec{g} = -g \cdot \vec{y}_{10}$ .
- L'action du moteur (15) sur le pignon (9) est représentée par le torseur  $\{T_{moteur \rightarrow 9}\} = \left\{ \begin{array}{c} \vec{0} \\ C_m \cdot \vec{z}_{10} \end{array} \right\}_{O_9}$ .
- L'action de la chaîne (3) sur le godet (5) est représentée par le torseur  $\{T_{3 \rightarrow 5}\} = \left\{ \begin{array}{c} \vec{T} = T \cdot \vec{y}_4 \\ \vec{0} \end{array} \right\}_M$ .

**Question 2-3 :** En exprimant la condition de non glissement en  $J$ , déterminer la relation entre  $\omega_{12}$ ,  $r$  et  $y$ , en déduire la relation entre  $\omega_{12}$  et  $\omega_m$ . Voir Figure 6.

**Question 2-4 :** Déterminer l'énergie cinétique de l'ensemble  $\Sigma = \{9, 3, 5, d, 11, 12\}$  dans son mouvement par rapport au bras (4), en déduire  $J_{\dot{e}q}$ , le moment d'inertie équivalent ramené à l'axe moteur.



**Figure 6**

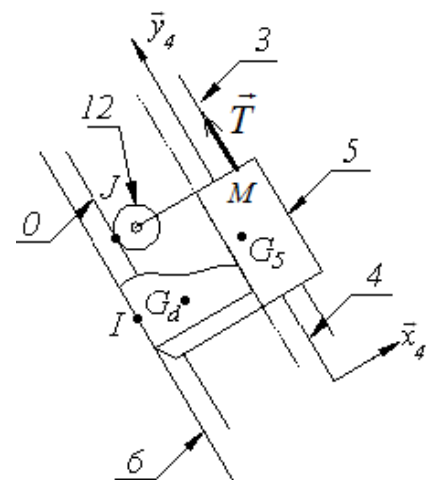
Le contact déchets / grille est supposé, avec frottement. Soit  $T_{6d}$  la résultante des actions tangentielles dues aux frottements entre la grille et les déchets (cette action est supposée connue). On note  $m_F = m_5 + m_d + m_2$

**Question 2-5 :** Par application du théorème de l'énergie cinétique à l'ensemble  $\Sigma$  dans son mouvement par rapport au bras (4) déterminer l'expression du couple moteur  $C_m$  en fonction de  $\omega_m$ ,  $J_{\acute{e}a}$ ,  $T_{6d}$ ,  $m_E$ ,  $g$ ,  $R$  et  $\psi$ .

On suppose que l'action due au frottement entre 0 et la roue 12 est négligée.

On donne  $f$  le coefficient de frottement entre la grille et les déchets.

**Question 2-6 :** Par application du théorème de la résultante dynamique à l'ensemble  $E = \{5, d, 12\}$  en projection sur  $\vec{y}_4$ , déterminer l'expression de  $N_{6d}$  l'action normale du contact des déchets avec la grille. **Voir figure 7.**



**Figure 7**

**Partie III\*- Etude du moteur hydraulique 15 :****Présentation du moteur hydraulique MS 05 : figure 8 et figure 9**

Les applications des moteurs hydrauliques sont extrêmement variées, les plus traditionnelles se situent dans les secteurs des travaux publics, de l'agriculture, de la manutention. Les moteurs hydrauliques sont également utilisés dans une grande variété de machines industrielles.

L'association de la transmission hydraulique et de la régulation électronique a permis d'associer puissance et précision.

**Description succincte du moteur hydraulique MS 05 :**

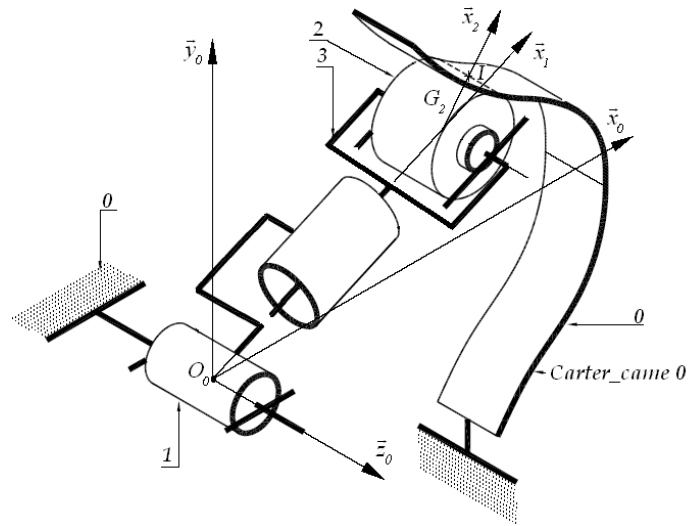
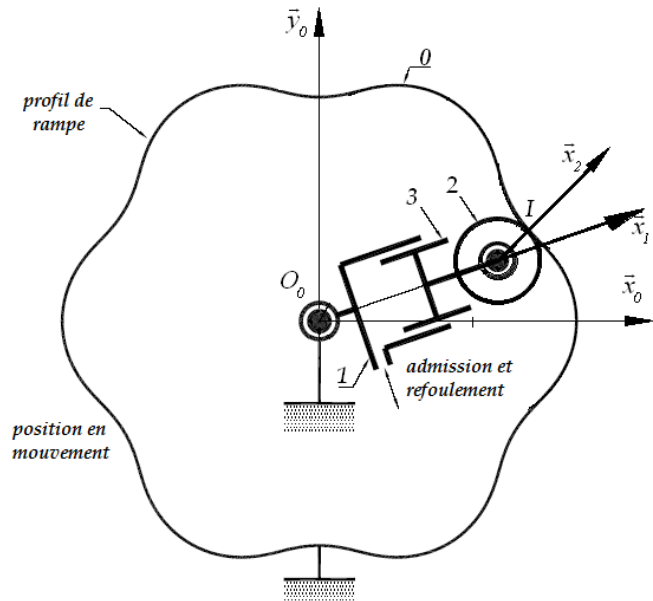
Les moteurs hydrauliques à pistons radiaux sont composés de huit pistons disposés en étoile dans un bloc-cylindres. L'ensemble arbre de sortie, arbre de frein et bloc-cylindres(1) est animé d'un mouvement de rotation par rapport à l'ensemble carter-came (stator).

Les pistons sont maintenus en contact sur la partie centrale du stator par le fluide sous pression.

La partie centrale de l'ensemble carter-came est une came constituée de 6 lobes identiques.

Un distributeur assure l'admission le refoulement du fluide. Le contact entre piston(3) et came(0) se fait par l'intermédiaire d'un galet cylindrique(2), en contact linéique direct avec la came(0) et en liaison pivot glissant avec un piston(3) par un demi-palier lisse.

Le mécanisme à came fixe transforme la translation des pistons(3) par rapport au bloc-cylindres(1) en rotation de ce même bloc-cylindres(1) par rapport au carter-came(0).

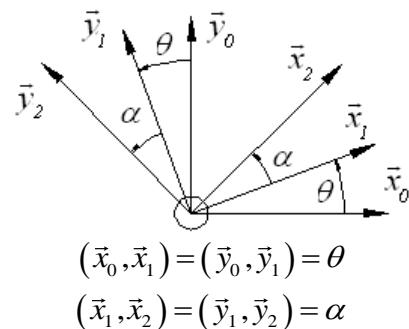
**Figure 8****Figure 9****Etude cinématique :**

Données : Définition des repères : voir figure 10

$R_0(O_0; \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  Repère galiléen lié au carter-came(0).

$R_1(O_0; \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$  Repère lié à l'arbre de sortie et au bloc-cylindres(1).

$R_2(G_2; \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$  Repère associé à la définition du contact en I.



$$(\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{y}_0, \vec{y}_1) = \theta$$

$$(\vec{x}_1, \vec{x}_2) = (\vec{y}_1, \vec{y}_2) = \alpha$$



Définition des paramètres géométriques :

$$\overrightarrow{O_0 G_2} = \rho \vec{x}_1 ; \overrightarrow{G_2 I} = R \vec{x}_2 ; \overrightarrow{G_2 B} = a \vec{x}_2 ; \overrightarrow{O_0 B} = L \vec{x}_f$$

Le domaine d'étude mécanique pour lequel I appartient à l'arc JK, est défini par  $\theta \in [\theta_i = 19,9^\circ; \theta_f = 30^\circ]$ .

$\theta_i$  : Position initiale de la phase de mouvement étudié.

$\theta_f$  : Position finale de la phase de mouvement étudié.

- La liaison 1/0 est pivot d'axe  $(O_0, \vec{z}_0)$ .
- La liaison 3/1 est pivot glissant d'axe  $(G_2, \vec{x}_1)$ .
- La liaison 2/3 est pivot d'axe  $(G_2, \vec{z}_0)$ .
- La liaison 2/0 est linéaire rectiligne de normale  $(I, \vec{x}_2)$  et de direction  $(I, \vec{z}_0)$ .

Objectif :

Détermination de la relation entre le paramètre cinématique du déplacement du piston (3) et le paramètre cinématique de la rotation de l'arbre de sortie (1).

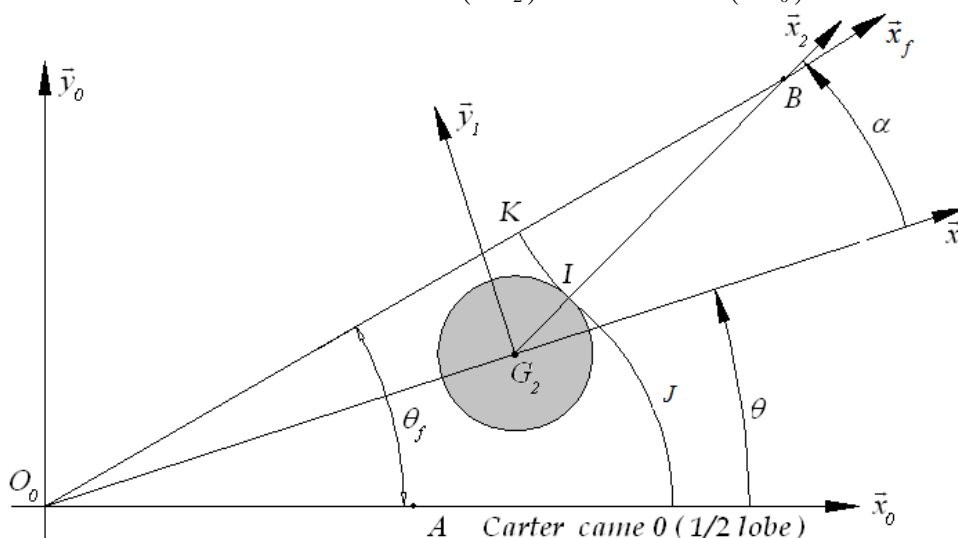


Figure 10

Méthode graphique : Répondre sur le document réponse DR2.

**Question 3-1 :** Sachant que le galet (2) roule sans glisser sur (0) en I, déterminer la direction de la vitesse  $\vec{V}(G_2, 2/0)$ .

On cherche à atteindre la vitesse angulaire  $\vec{\Omega}(1/0) = +30(\text{rad/s}) \cdot \vec{z}_0$  à l'instant où  $\rho = 200 \text{ mm}$ .

**Question 3-2 :** Déterminer graphiquement la vitesse de translation du piston (3) par rapport au bloc-cylindres (1).

Méthode analytique : le problème est supposé plan

**Question 3-3 :** Etablir la relation entre  $\alpha$  et  $\theta$  puis montrer que

$$\rho = L \cdot \left( \cos(\theta_f - \theta) - \left( \frac{a^2}{L^2} - \sin^2(\theta_f - \theta) \right)^{1/2} \right)$$

On rappelle que le galet (2) roule sans glisser sur (0) en I.

**Question 3-4 :** Par fermeture cinématique au point  $G_2$ , déterminer la vitesse angulaire  $\dot{\theta}$  en fonction de  $\dot{\rho}$ ,  $\rho$ ,  $\theta$ ,  $\theta_f$ ,  $L$  et  $a$



Détermination du degré d'hyperstaticité :

Hypothèses : Toutes les liaisons sont supposées parfaites.

**Question 3-5 :** Après avoir tracé le graphe des liaisons, déterminer le degré de mobilité du système. En déduire son degré d'hyperstaticité.

Etude statique : approche simplifiée voir figure 9

On cherche à évaluer les pressions superficielles du contact came/galet en fonction de la pression hydraulique modélisée par l'action du fluide sur le piston 3. « Ces pressions sont en fonction de l'effort qui s'exerce à la normale de celui-ci »

Hypothèses :

- Le problème sera considéré comme plan.
- Les liaisons sont supposées sans frottement
- L'action du fluide sur le piston 3 est modélisée par un glisseur en  $G_2$  avec  $\vec{F}(\text{fluide} \rightarrow 3) = F \vec{x}_1$
- L'action de la pesanteur est négligée.

Notations :

L'action de  $i$  sur  $j$  sera notée dans le cas d'un problème dans le plan  $(\vec{x}_1, \vec{y}_1)$  en un

$$\text{point } M \quad \{T(i \rightarrow j)\} = \begin{Bmatrix} X_{ij} & 0 \\ Y_{ij} & 0 \\ 0 & N_{ij} \end{Bmatrix}_{M; -, -, \vec{z}_0}$$

**Question 3-6 :**

Ecrire les équations traduisant l'équilibre de 2 au point  $G_2$  dans la base  $(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ .

Ecrire les équations traduisant l'équilibre de 3 au point  $G_2$  dans la base  $(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ .

En déduire la relation entre l'action du fluide et l'action de la came sur le galet.

Etude dynamique :

L'objectif de cette étude est la détermination de la relation entre la pression hydraulique d'alimentation du moteur hydraulique et le couple transmissible par le rotor 1.

Données :

- $I_1$  moment d'inertie de 1 par rapport à l'axe  $(O_0, \vec{z}_1)$
- la masse du galet 2 est notée  $m_2$ , son centre d'inertie  $G_2$  et sa matrice d'inertie en son centre

$$\text{d'inertie est } I(G_2, 2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & A_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0}.$$

- la masse du piston 3 est notée  $m_3$ , son centre d'inertie  $G_3$  et sa matrice d'inertie au

$$\text{point } G_2 \text{ est } I(G_2, 3) = \begin{pmatrix} A_3 & 0 & 0 \\ 0 & B_3 & 0 \\ 0 & 0 & C_3 \end{pmatrix}_{\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0}, \text{ avec } \overrightarrow{G_3 G_2} = l \vec{x}_1. \quad l = \text{constante}$$

Hypothèses :

- Toutes les liaisons sont supposées parfaites.
- L'action du fluide, intercalé entre l'arbre 1 et le piston 3, est modélisée par un glisseur en  $G_2$  avec  $\vec{F}(\text{fluide} \rightarrow 3) = F \vec{x}_1$
- L'action extérieure exercée sur l'arbre de sortie (1) au niveau du contact entre la chaîne (3) et le pignon (9) (*voir figure 5*) est modélisée par un torseur couple  $\{T_{ext} \rightarrow 1\} \left\{ \begin{array}{c} \vec{0} \\ C \cdot \vec{z}_0 \end{array} \right\}_{\forall P}$ .
- L'action de la pesanteur est négligée.

On considère l'ensemble  $S = \{1, 2, 3\}$ .

**Question 3-7 :** Justifier la forme des matrices d'inertie  $I(G_2, 3)$  et  $I(G_2, 2)$ .

**Question 3-8 :** Déterminer l'énergie cinétique de l'ensemble  $S = \{1, 2, 3\}$ .

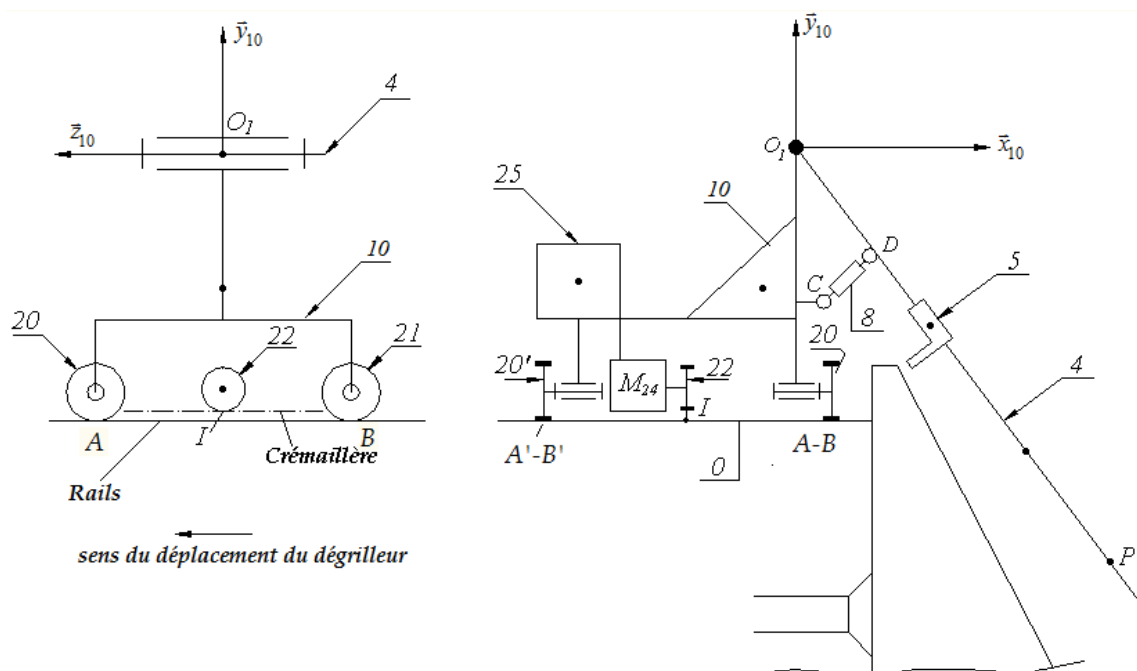
**Question 3-9 :** Par application du théorème de l'énergie cinétique à l'ensemble  $S$  dans son mouvement par rapport à (0), déterminer la relation entre  $F, C$ , les paramètres cinématiques du moteur hydraulique et  $T(S/0)$  l'énergie cinétique de l'ensemble  $S = \{1, 2, 3\}$ .

**Partie IV\* - Asservissement :**

L'objectif de cette partie est l'étude :

- de l'asservissement de position du dégrilleur
- de l'asservissement de l'accélération du dégrilleur.

Le déplacement du dégrilleur suivant  $\vec{z}_{10}$  (*figure 11*) est assuré par le moteur hydraulique  $M_{24}$  et un système pignon-crémaillère. Le guidage en translation de l'ensemble est assuré par les quatre roues (20, 20', 21, 21').



**Figure 11**

La figure ci-dessous donne la chaîne fonctionnelle de l'asservissement de position du dégrilleur :

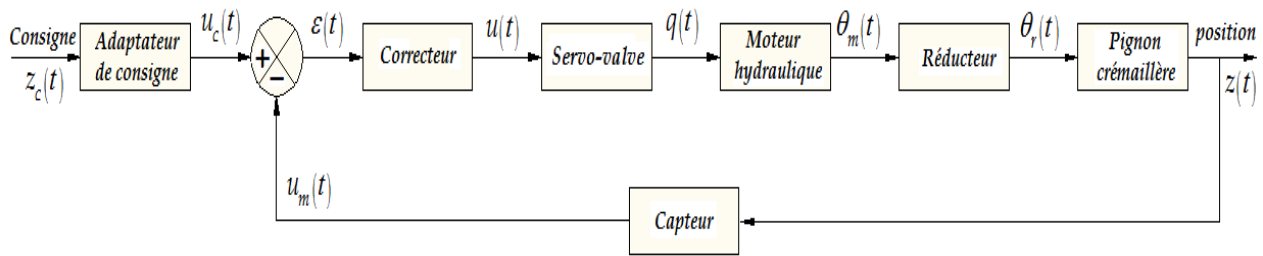


Figure 12

$z_c(t)$  : Position consigne du dégrilleur.

$u_c(t)$  : Tension image de la consigne.

$u_m(t)$  : Tension sortie du capteur de position du dégrilleur.

$u(t)$  : Tension d'entrée de la servovalve et de son amplificateur opérationnel.

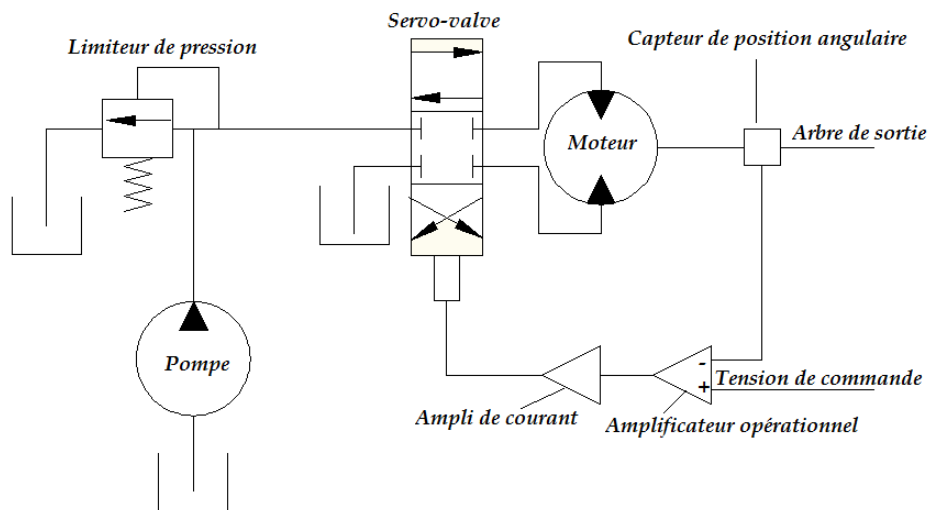
$z(t)$  : Position du dégrilleur.

$q(t)$  : Débit en sortie de la servovalve.

$\theta_m(t)$  : Position angulaire de l'arbre de sortie du moteur.

$\theta_r(t)$  : Position angulaire de l'arbre de sortie du réducteur.

Figure 13 :  
Schéma de  
principe de  
l'installation  
hydraulique du  
moteur



#### IV°- 1°- Modélisation du moteur hydraulique :

On donne ci-dessous les équations modélisant le comportement du moteur hydraulique.

Equation hydraulique 
$$q(t) = D \cdot \omega_m(t) + \frac{v}{4.B} \cdot \frac{d}{dt} \Delta p(t) \quad (1)$$

Equation mécanique 
$$J_{eq} \cdot \frac{d}{dt} \omega_m(t) = D \cdot \Delta p(t) - f \cdot \omega_m(t) - C_{re}(t) \quad (2)$$

$\omega_m(t)$  : vitesse angulaire du moteur.

$\Delta p(t)$  : variation de pression.

$C_{re}(t)$  : Couple résistant équivalent ramené à l'arbre moteur.

$J_{eq}$  : Inertie équivalente de l'ensemble en mouvement ramené à l'arbre moteur.

$B$  : module de compressibilité du fluide.

$\frac{v}{4.B} \cdot \frac{d}{dt} \Delta p(t)$  : débit de compressibilité du fluide.

$f$  : coefficient de frottement visqueux.

$D$  : cylindrée du moteur.

**Question 4 -1 :** En considérant les conditions initiales nulles, écrire les deux équations (1) et (2) dans le domaine de Laplace.

**Question 4-2 :** A partir de la question précédente et de la **figure 14** ci-contre **tracer** le schéma bloc du moteur hydraulique.

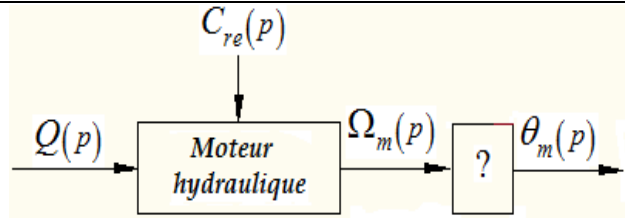


Figure 14

**Question 4-3 :** Déterminer la fonction de transfert du moteur hydraulique  $H_m(p) = \left[ \frac{\theta_m(p)}{Q(p)} \right]_{C_{re}=0}$ .

Identifier les paramètres canoniques  $K_m$ ,  $z$  et  $\omega_n$ .

IV°- 2°- Identification des fonctions de transfert la chaîne fonctionnelle :

Les questions Question 4 -4, Question 4 -5, Question 4 -6, Question 4 -7 Question 4 -8 de cette partie sont présentées sur les documents réponses DR3 et DR4.

IV°- 3°- Etude de la boucle d'asservissement en position du dégrilleur :

Le schéma bloc de cette boucle d'asservissement est représenté ci-contre

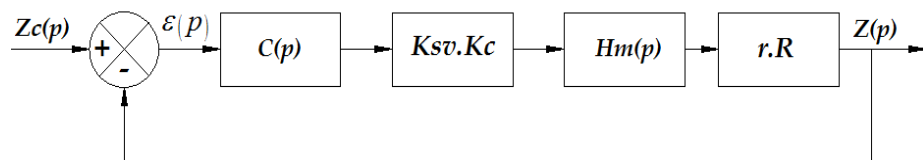


Figure 15

Données :

- Fonction de transfert du moteur :  $H_m(p) = \frac{\theta_m(p)}{Q(p)} = \frac{K_m}{p \cdot \left( 1 + \frac{2 \cdot z}{\omega_n} \cdot p + \frac{1}{\omega_n^2} \cdot p^2 \right)}$
- Fonction de transfert de la servovalve :  $K_{sv}$
- Rapport de réduction du réducteur :  $r$
- Rayon du pignon :  $R$
- Le correcteur est un correcteur proportionnel de fonction de transfert  $C(p) = Kp$
- Fonction de transfert du capteur :  $Kc$

**Question 4-9 :** Déterminer la fonction de transfert en boucle ouverte  $H_{BO}(p) = \frac{Z(p)}{\epsilon(p)}$  et en déduire l'expression du gain de boucle  $K_{BO}$ , de sa classe et de son ordre.

**Question 4-10 :** Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée  $H_{BF}(p) = \frac{Z(p)}{Z_c(p)}$  en fonction de  $K_{BO}$ ,  $z$  et  $\omega_n$ .

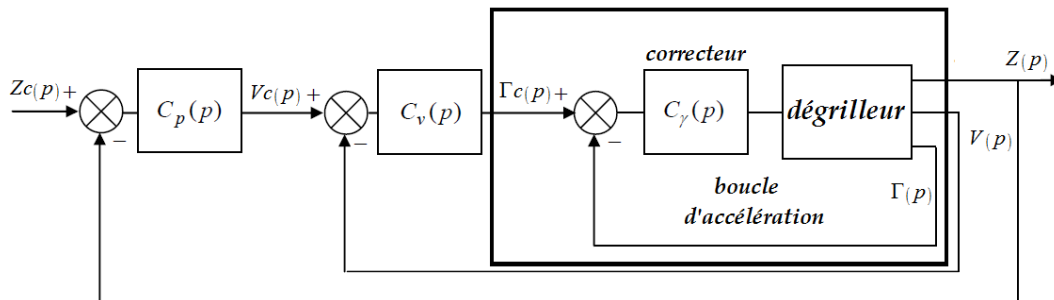
**Question 4-11 :** Donner l'expression de l'erreur statique  $\epsilon_s$  ( $z_c(t) = Z_0 \cdot u(t)$ ) et l'erreur de traînage  $\epsilon_{tr}$  ( $z_c(t) = a \cdot t \cdot u(t)$ ). Les résultats peuvent être donnés sans calcul.

**Question 4-12 :** Déterminer, par application du **critère de Routh**, la condition que doit satisfaire  $K_p$  pour que le système soit stable. Soit  $K_{p_{limite}}$  la valeur de  $K_p$  correspondante à la limite de stabilité.

**Question 4-13 :** Déterminer la nouvelle valeur de  $K_p$  en fonction de  $K_{p_{limite}}$  pour avoir une marge de gain de 12dB.

IV°- 4°- Etude de la boucle d'asservissement en accélération du dégrilleur :

La position  $z(t)$  du dégrilleur est asservie sur une valeur de consigne  $z_c(t)$  par l'intermédiaire d'une structure cascade au sein de laquelle sont pilotées l'accélération  $\gamma(t)$  la vitesse  $v(t)$  et enfin la position du dégrilleur (**figure 16**). Seule la position est mesurée par l'intermédiaire d'une roue codeuse, la vitesse et l'accélération du dégrilleur sont ensuite calculées.



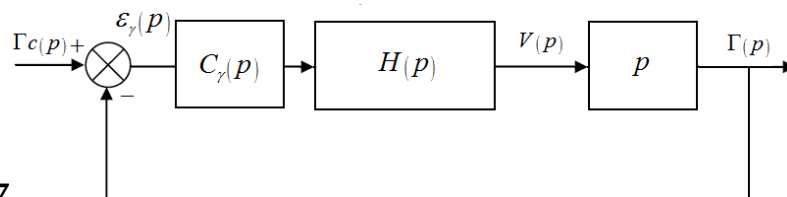
**Figure 16**

L'avantage d'une structure cascade réside dans la possibilité de maîtriser, outre la position, les variables intermédiaires très importantes comme la vitesse et l'accélération, permettant ainsi par exemple de limiter l'accélération (on parle alors de saturation de l'accélération).

Une étude mécanique permet de définir une accélération maximale  $\gamma_{max}$  au-delà de laquelle le dégrilleur risque de basculer.

L'objectif de cette partie est de contrôler l'accélération afin que l'accélération en régime permanent soit égale à 75% de l'accélération maximale  $\gamma_{max}$ .

La boucle d'asservissement en accélération sera donc représentée par le schéma bloc ci-dessous :



**Figure 17**

On donne

$$H(p) = \frac{K_{acc}}{1 + \frac{2\xi}{\omega_0} \cdot p + \frac{1}{\omega_0^2} \cdot p^2}$$

Système non corrigé :  $C_\gamma(p) = 1$

**Question 4-14 :** Déterminer la fonction écart  $\varepsilon_\gamma(p)$ .

**Question 4-15 :** Calculer l'erreur en régime permanent  $\varepsilon_\gamma$  pour une entrée échelon  $\gamma_c(t) = \gamma_c \cdot u(t)$ , en déduire  $\gamma_0$  la valeur en régime permanent de  $\gamma(t)$ . Conclure.

Correction proportionnelle intégrale :

On propose d'utiliser un correcteur proportionnel intégral  $C_\gamma(p) = K \cdot \frac{1+T_i \cdot p}{p}$ .

**Question 4-16 :** Déterminer l'erreur en régime permanent  $\varepsilon_\gamma$  pour une entrée échelon  $\gamma_c(t) = \gamma_c \cdot u(t)$ . En déduire  $\gamma_0$  la valeur en régime permanent de  $\gamma(t)$ . Déterminer la valeur de  $K$  pour que l'accélération en régime permanent soit réglée à 75% de  $\gamma_{\max}$ .

**Question 4-17 :** Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée  $H_{\gamma\_BF}(p)$  en fonction de  $K$ ,  $K_{acc}$ ,  $T_i$ ,  $\xi$  et  $\omega_0$ .

$$\text{On donne : } H_{\gamma\_BF}(p) = 2 \cdot \frac{1+10 \cdot p}{(1+0.25 \cdot p) \cdot (1+2 \cdot p)} ; \quad 20 \log 2 = 6 \text{ dB}$$

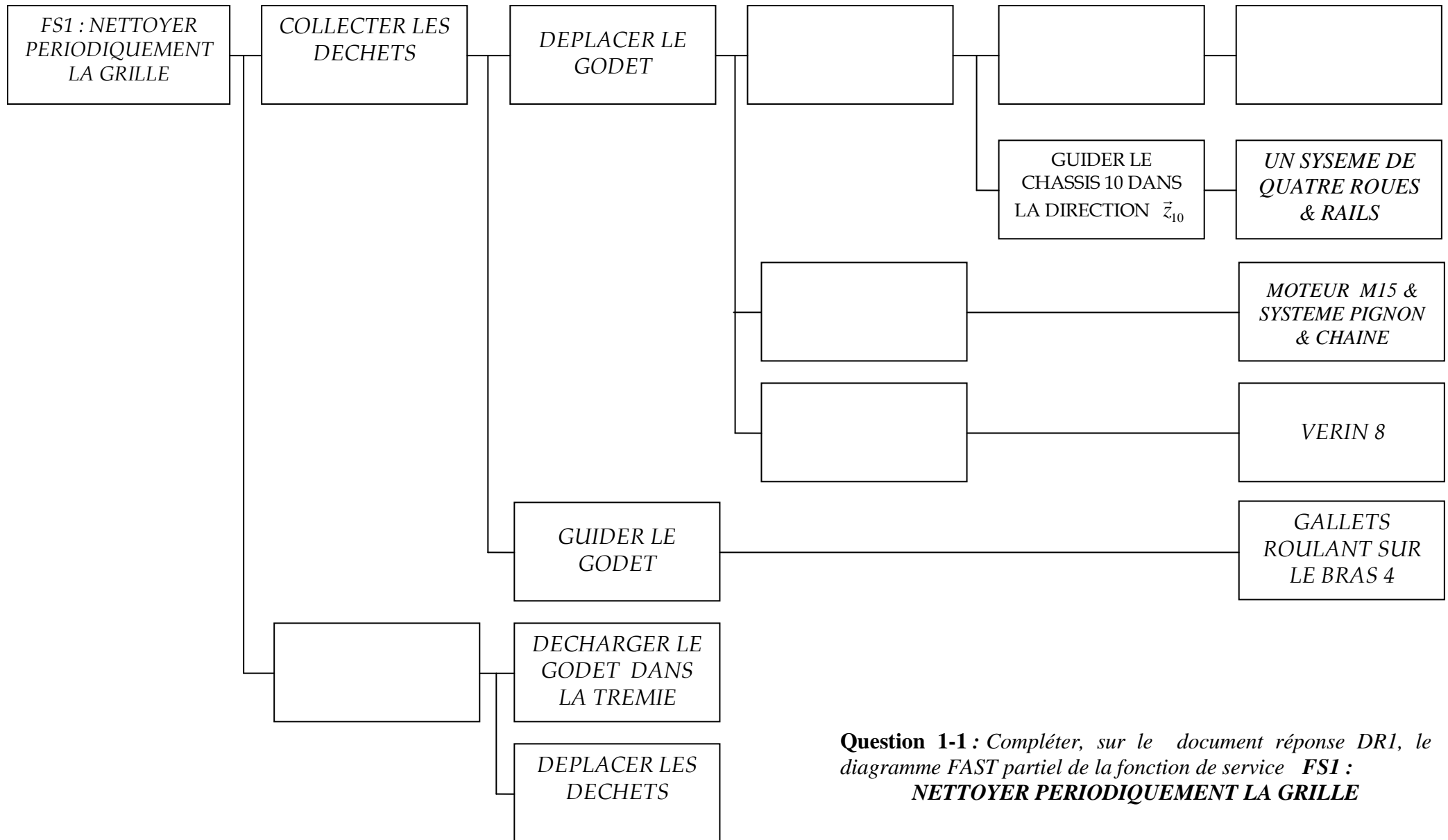
**Question 4-18 :** Sur le document réponse DR5, tracer les diagrammes asymptotiques de Bode de la fonction de transfert en boucle fermée  $H_{\gamma\_BF}(p)$ .

**Question 4-19 :** Tracer l'allure de la courbe réelle du diagramme de gain, puis donner, graphiquement, la valeur de la bande passante à -3dB de l'asservissement en accélération.

Fin de l'énoncé

---

A la suite vous trouverez les documents réponses : voir pages suivantes

**-Document réponse DR1****Moyens techniques**

**Question 1-1 :** Compléter, sur le document réponse DR1, le diagramme FAST partiel de la fonction de service **FS1 : NETTOYER PERIODIQUEMENT LA GRILLE**



**Document réponse DR2****Question 1-3 :**

Compléter la table de vérité :

secteur	$e_1$	$e_2$	$e_3$	$e_4$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	1
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9	0	0	0	1	1	1	0	1

Compléter les tableaux de Karnaugh ci-contre des sorties  $s_3$  et  $s_4$ .Donner les équations simplifiées des sorties  $s_3$  et  $s_4$ .

$$s_3 = \dots\dots\dots$$

$$s_4 = \dots\dots\dots$$

Tableau de Karnaugh de  $s_3$  :

$\begin{matrix} e_1 e_2 \\ e_3 e_4 \end{matrix}$				

Tableau de Karnaugh de  $s_4$  :

$\begin{matrix} e_1 e_2 \\ e_3 e_4 \end{matrix}$				

**Réponses aux Question 3-1 et Question 3-2 :****Echelle 1 Cm  $\longrightarrow$  1 m/s**

Justifications des tracés : .....

.....

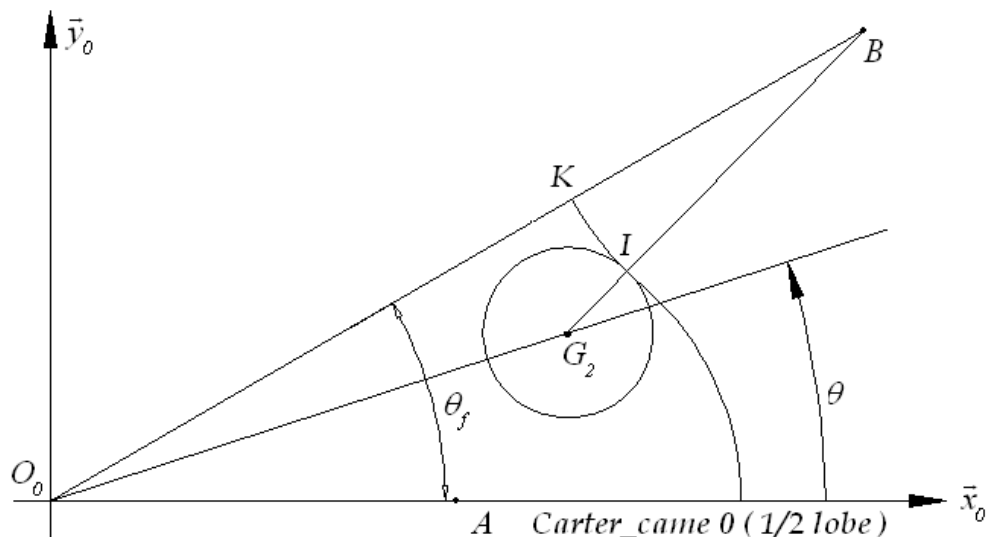
.....

.....

.....

.....

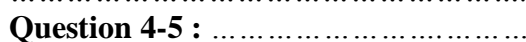
.....

**Document réponse DR2.**

La fonction de transfert du moteur est notée  $M(p) = \frac{\Omega_m(p)}{Q(p)} = \frac{K_m}{1 + \frac{2.z}{\omega_n} \cdot p + \frac{1}{\omega_n^2} \cdot p^2}$

**Question 4-4 :** Déterminer  $K_m$  et le temps de réponse à 5% du moteur. Préciser une démarche permettant de déterminer les paramètres canoniques  $z$  et  $\omega_n$ .

**Question 4-4 :** .....



On donne ci-dessous la réponse indicielle de la servovalve en  $m^3/s$ , pour un échelon de tension d'amplitude  $U_0 = 12$  (V) .

de la servovalve.

**Question 4-6 :** Donner l'ordre et déterminer les paramètres canoniques de cette fonction, en déduire le temps de réponse à 5%.





Document réponse DR5

**Question 4-19 :** Sur le document réponse DR5, tracer le diagramme asymptotique de Bode de la de transfert en boucle fermée  $H_{\gamma\_BF}(p)$ .

