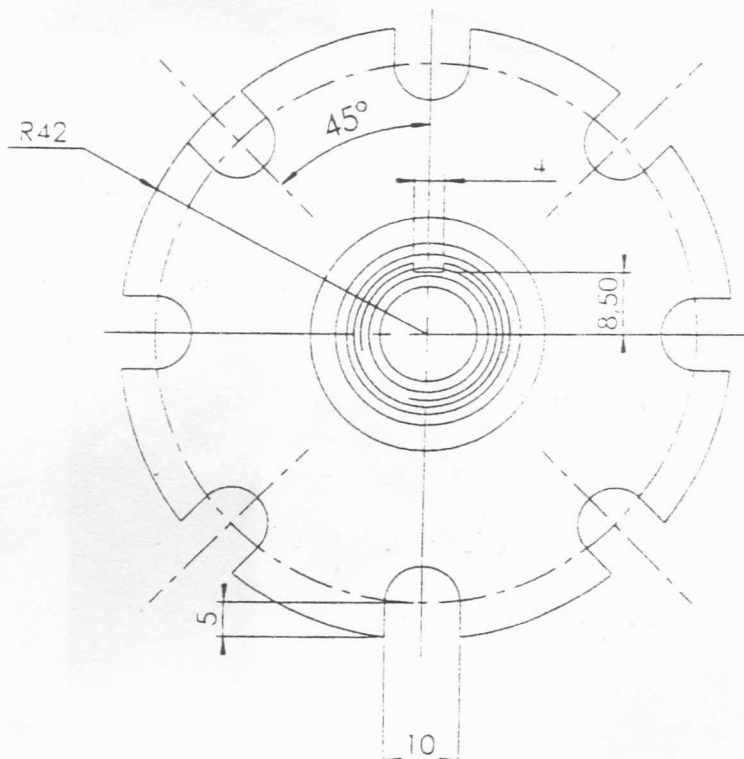
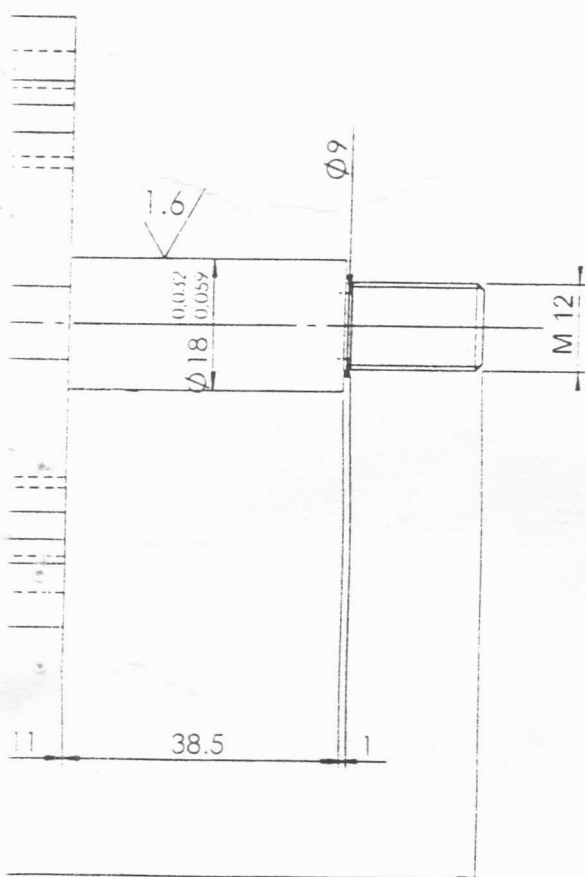




10



0/14

9	2	Axe	20MnCr5	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
FAUTEUIL ROULANT POUR HANDICAPE MOTEUR				
Concours Nationaux d'Entrée aux Cycles de Formation d'Ingénieurs Epreuve de Sciences et Techniques de l'Ingénieur Session : Juin 2000				Echelle : 1:1

- position 7 (p_7): Rotation à droite sur place,
- position 8 (p_8): Rotation à gauche sur place,
- position 9 (p_9): Repos.

17

b) un jeu de 4 boutons poussoirs assurant :

- la mise sous tension du système de commande (bouton marche),
- la mise hors tension du système de commande (bouton arrêt),
- la montée du siège jusqu'à une hauteur maximale,
- la descente du siège jusqu'à une hauteur minimale.

Le fonctionnement du fauteuil est soumis aux contraintes suivantes :

- au cours du déplacement du fauteuil, les actions de montée et de descente du siège sont empêchées,
- de même, lors de la montée ou descente du siège, le déplacement du fauteuil dans n'importe quelle direction est empêché,
- l'action sur le bouton poussoir b_f annule toute actions sur les deux moteurs **M1** et **M2**,
- au cours d'un mouvement, l'action sur les boutons poussoirs de marche/arrêt n'a aucun effet.

Question :

On demande de réaliser le **Grafset niveau 2** permettant de décrire le procédé de fonctionnement de ce fauteuil roulant en tenant compte des indications suivantes :

Actionneurs et capteurs :

- p_i : $i=1,2,\dots,9$: correspondant au 9 positions de la manette,
- b_f : bouton poussoir permettant l'arrêt des moteurs **M1** et **M2**,
- butées de fin de course pour la montée et la descente du siège
 - * s_h : butée niveau haut,
 - * s_b : butée niveau bas,

Boutons poussoirs de commande :

- **m** : pour la mise en marche du système (mise sous tension du système de commande)
- **a** : pour l'arrêt complet du système (mise hors tension du système de commande)
- **m_s** : commande la montée du siège,
- **d_s** : commande la descente du siège

Actions :

- **Mi+** : rotation du moteur **Mi** ($i=1,2,3$) dans le sens direct,
- **Mi-** : rotation du moteur **Mi** ($i=1,2,3$) dans le sens inverse.

C-2 Etude du système d'élévation du siège du fauteuil:

On s'intéresse dans cette partie au système d'élévation du siège du fauteuil. Ce système est constitué par :

- un moteur à courant continu (**M3**),
- un système vis-écrou ,
- des leviers articulés.

Le déplacement vertical du siège à une hauteur voulue est assuré par le moteur **M3** qui actionne un système de transformation de mouvement formé par le système vis-écrou et le système de leviers.

Dans le but d'assurer un confort pour l'utilisateur du fauteuil, un dispositif de commande permettant le réglage automatique de la position verticale du siège est prévu. Ce dispositif peut être représenté par le schéma fonctionnel suivant :

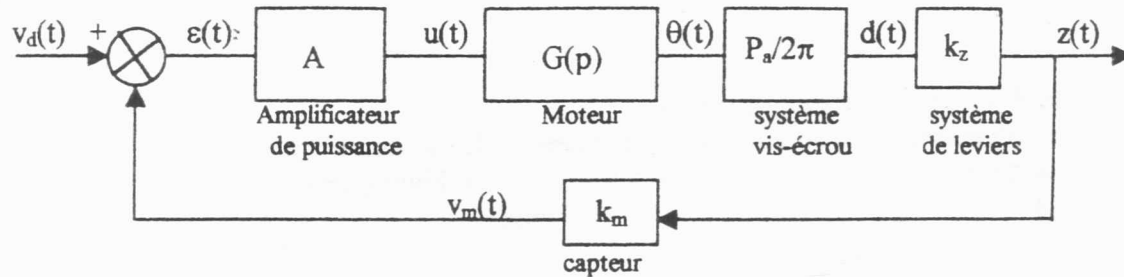


Figure C2 : Schéma fonctionnel du système de commande

Avec :

- $v_d(t)$: est une tension qui représente l'image de la hauteur du siège désirée (consigne),
- $z(t)$: désigne la position verticale courante du siège (hauteur),
- $v_m(t)$: est la tension image de la hauteur $z(t)$ du siège, délivrée par le capteur de position :

$$v_m(t) = k_m z(t) \quad , \quad k_m \text{ étant le gain du capteur}$$

- A : est le gain de l'amplificateur de puissance ($A > 0$),
- $G(p)$: est la fonction de transfert du moteur ,
- P_a : est le pas de la vis.

Le déplacement de l'écrou du système vis-écrou est noté $d(t)$.

La transformation du déplacement $d(t)$ de l'écrou en un déplacement vertical $z(t)$ du siège est supposée linéaire, donnée par:

$$z(t) = k_z d(t)$$

où k_z est une constante.

Le signal d'erreur $\epsilon(t) = v_d(t) - v_m(t)$ est amplifié par l'amplificateur de puissance en vue d'alimenter le moteur M3 qui est commandé par l'induit sous la tension $u(t)$.

Un modèle mathématique simplifié de ce moteur à courant continu (fonctionnant à flux constant) peut être donné par les équations électriques et mécaniques suivantes :

$$u(t) = l \frac{di(t)}{dt} + ri(t) + e(t)$$

$$e(t) = k_\Omega \Omega(t)$$

$$C_m(t) = J \frac{d\Omega(t)}{dt} + b\Omega(t)$$

$$C_m(t) = k_i i(t)$$

avec :

$u(t)$: tension d'alimentation du moteur,

$i(t)$: courant parcourant l'induit du moteur,

l : inductance de l'induit,

r : résistance de l'induit,

$e(t)$: force contre électromotrice,

k_Ω : coefficient de force contre-électromotrice,

J : inertie totale de la charge tournante,

b : frottement visqueux,

C_m : couple moteur,

k_i : coefficient du couple,

$\theta(t)$: angle de rotation de l'arbre du moteur,

$\Omega(t)$: vitesse angulaire du moteur

$$\Omega(t) = \frac{d\theta(t)}{dt}$$

Automatique 3

PARTIE -C- : AUTOMATIQUE

C-1 Etude de la commande du fauteuil:

On s'intéresse dans cette partie à la commande du fauteuil roulant. Cette commande est assurée par un pupitre de commande au niveau de la main droite de l'handicapé moteur lui permettant de se déplacer librement dans toutes les directions ainsi que de monter et de descendre avec son siège pour aller vers le lit et vis versa.

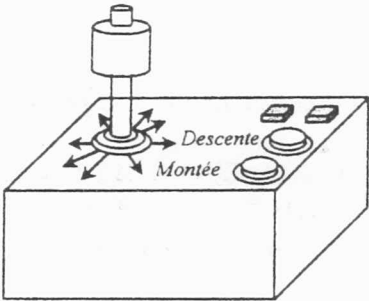


Figure C1 : Pupitre de commande du fauteuil roulant

Le déplacement du fauteuil est assuré par les deux moteurs à courant continus **M1** et **M2** motorisant ainsi les deux roues arrières respectivement droite et gauche. Selon l'état de fonctionnement de ces deux moteurs, on peut avoir huit mouvements possibles comme l'indique le tableau suivant :

	Nature du mouvement	Moteur M1	Moteur M2
1	Marche avant directe	Rotation en sens direct	Rotation en sens direct
2	Marche arrière directe	Rotation en sens inverse	Rotation en sens inverse
3	Marche avant avec rotation à droite	Arrêt	Rotation en sens direct
4	Marche avant avec rotation à gauche	Rotation en sens direct	Arrêt
5	Marche arrière avec rotation à droite	Rotation en sens inverse	Arrêt
6	Marche arrière avec rotation à gauche	Arrêt	Rotation en sens inverse
7	Rotation à droite sur place	Rotation en sens inverse	Rotation en sens direct
8	Rotation à gauche sur place	Rotation en sens direct	Rotation en sens inverse

Un bouton poussoir **b_f** placé au dessus de la manette, commandé par le pouce de l'handicapé, permet l'arrêt et le freinage du fauteuil quelque soit la position de la manette de commande.

Le mouvement de montée et de descente du siège du fauteuil est assuré par le moteur à courant continu **M3**. Si ce moteur est actionné en sens direct, on assure la montée, alors que si le moteur est actionné en sens inverse, on assure la descente.

Le fonctionnement du fauteuil roulant nécessite la mise sous tension (alimentation en courant électrique) du système de commande des moteurs. La mise hors tension de ce système entraîne l'arrêt complet du fauteuil.

Le pupitre de commande du fauteuil est constitué par:

a) la manette à 9 positions permettant le déplacement du fauteuil dans les directions suivantes :

- position 1 (p₁) : Marche avant directe,
- position 2 (p₂) : Marche arrière directe,
- position 3 (p₃) : Marche avant avec rotation à droite,
- position 4 (p₄) : Marche avant avec rotation à gauche,
- position 5 (p₅) : Marche arrière avec rotation à droite,
- position 6 (p₆) : Marche arrière avec rotation à gauche,

N.B : on notera p l'opérateur de Laplace de sorte que $F(p)$ désigne la transformée de Laplace de la fonction originale $f(t)$, t étant la variable temps ($t > 0$).

C-2-1. En supposant que les conditions initiales sont nulles pour toutes les variables du moteur, appliquer la transformation de Laplace aux équations du modèle du moteur.

C-2-2. Dédurre l'expression de la fonction de transfert du moteur, notée $G(p)$, définie par :

$$G(p) = \frac{\theta(p)}{U(p)}$$

où $\theta(p)$ et $U(p)$ sont les transformées de Laplace respectivement de $\theta(t)$ et $u(t)$.

Dans toute la suite, l'inductance l sera négligée ($l = 0$).

C-2-3. Vérifier que la fonction de transfert du moteur s'écrit alors :

$$G(p) = \frac{\theta(p)}{U(p)} = \frac{k_i}{p[(rb + k_i k_\Omega) + rJp]}$$

C-2-4. Montrer que la fonction de transfert en boucle fermée du système asservi de la figure C2, notée $H(p) = Z(p)/V_d(p)$, reliant l'entrée du système $v_d(t)$ à sa sortie $z(t)$, est du deuxième ordre que l'on mettra sous la forme :

$$H(p) = \frac{Z(p)}{V_d(p)} = \frac{k_s}{1 + \frac{2\xi}{\omega_n} p + \frac{p^2}{\omega_n^2}}$$

Dédurre alors les expressions de k_s (gain statique), de ξ (facteur d'amortissement) et de ω_n (pulsation propre non amortie).

C-2-5. En utilisant le théorème de la valeur finale, vérifier que l'erreur de position (erreur indicielle) ε_p en régime permanent entre $v_m(t)$, image de $z(t)$, et $v_d(t)$ est toujours nulle quelque soit la valeur du gain A de l'amplificateur; justifier ce résultat. On rappelle l'expression de ε_p :

$$\varepsilon_p = \lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t)$$

C-2-6. Application numérique :

$$J = 0,01 \text{ Kg.m}^2 ; k_i = 1 \text{ N.m/A} ; k_\Omega = 0,05 \text{ V.sec} ; r = 10 \Omega ; b = 0,005 \text{ N.m.sec}$$

$$P_a = 0,001 \text{ m} ; k_z = 5 ; k_m = 10 \text{ V/m}$$

C-2-6-1 Calculer la valeur limite du gain A , valeur qu'on ne doit pas dépasser, pour que le dépassement D de la réponse indicielle du système (suite à un échelon de consigne v_d constante) reste inférieure à 10%. On rappelle l'expression du dépassement en % :

$$D(\%) = 100 \exp\left(\frac{-\xi\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}\right)$$

C-2-6-2 Dédurre l'expression de $H(p)$.

PARTIE -B- : MECANIQUE

Dans cette partie, on s'intéresse à l'étude mécanique du système de levage du siège du fauteuil roulant. La figure B1 représente le schéma cinématique du système considéré dans cette étude.

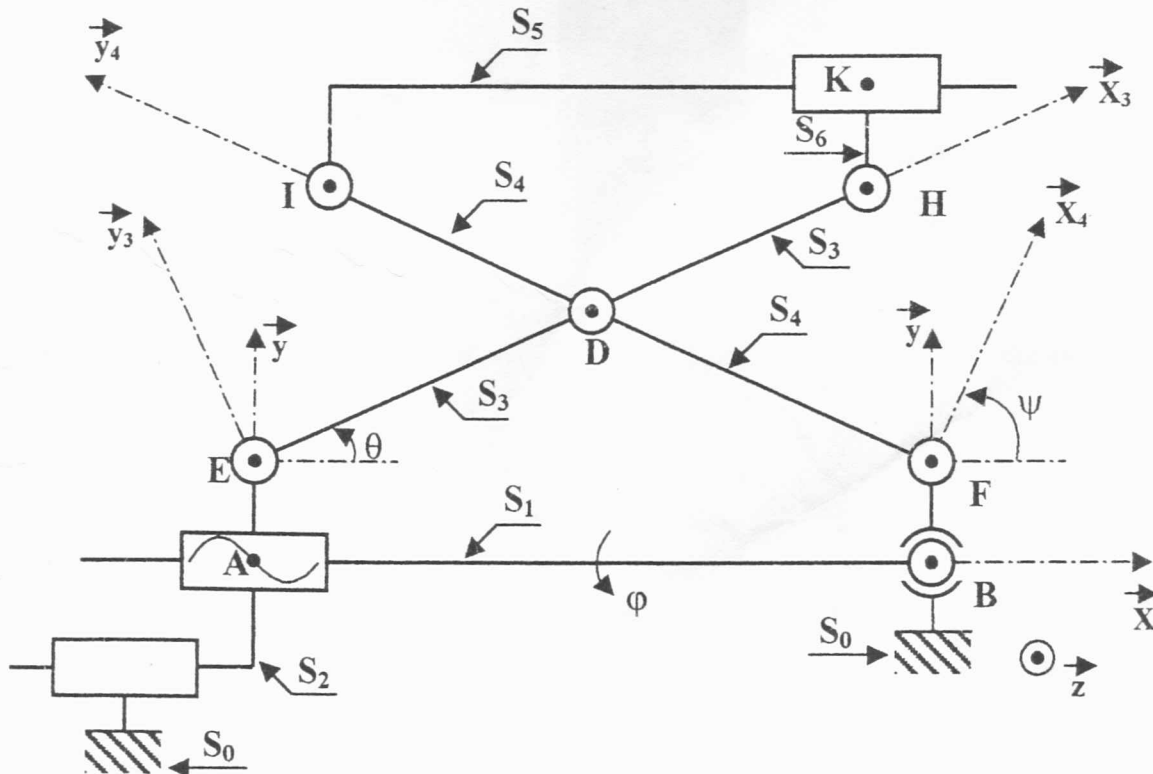
Ce système est en mouvement par rapport à un repère $R(B, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ galiléen orthonormé direct lié au bâti (S_0). L'accélération de la pesanteur s'écrit : $\vec{g} = -g\vec{y}$. Les différents solides qui constituent ce système sont les suivants :

- un solide (S_1) dont l'axe ($A, \vec{x}$) est un axe de symétrie matériel, son moment d'inertie par rapport à cet axe est noté I_1 . Ce solide est en liaison rotule de centre B avec le bâti (S_0). Il est soumis à un couple moteur : $\vec{C}_m = C_m \vec{x}$
- un solide (S_2) de masse m_2 . Ce solide est en liaison glissière de direction $\vec{x}$ avec le bâti (S_0) et en liaison hélicoïdale d'axe ($A, \vec{x}$) avec le solide (S_1). La rotation du solide (S_1) par rapport au solide (S_2) est défini par le paramètre cinématique φ . Le pas de l'hélice de la liaison hélicoïdale est noté P .
- un solide (S_3) modélisé par une tige homogène de masse m_3 et de longueur L . Ce solide est en liaison pivot d'axe ($E, \vec{z}$) avec le solide (S_2). $R_3(E, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z})$ est un repère orthonormé direct lié au solide (S_3). On donne : $\theta = (\vec{x}, \vec{x}_3)$.
- un solide (S_4) identique au solide (S_3) (de même masse et de même longueur). Ce solide est en liaison pivot d'axe ($F, \vec{z}$) avec le solide (S_0) et en liaison pivot d'axe ($D, \vec{z}$) avec le solide (S_3). $R_4(F, \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z})$ est un repère orthonormé direct lié au solide (S_4). On donne :

$$\psi = (\vec{x}, \vec{x}_4) = \frac{\pi}{2} - \theta, \quad \vec{AE} = \vec{BF} = a\vec{y}, \quad \vec{ED} = l\vec{x}_3, \quad \vec{FD} = l\vec{y}_4, \quad a \text{ et } l \text{ sont des constantes.}$$

- un solide (S_5) de masse m_5 . Ce solide est en liaison pivot d'axe ($I, \vec{z}$) avec le solide (S_4). On considère que la position de ce solide est toujours horizontale (parallèle à l'axe ($A, \vec{x}$)).
- un solide (S_6) de masse m_6 . Ce solide est en liaison pivot d'axe ($H, \vec{z}$) avec le solide (S_3) et en liaison glissière de direction $\vec{x}$ avec le solide (S_5). On donne : $\vec{HK} = b\vec{y}$, b est une constante.

On suppose dans cette étude que toutes les liaisons sont parfaites.



-Figure B1-