



**Concours Nationaux d'Entrée aux
Cycles de Formation d'Ingénieurs
Session : Juin 2000**

**Concours en Technologie
Epreuve de Sciences et Techniques de l'Ingénieur**

Durée : 5 Heures (4.H 30mn + 30mn lecture du sujet)
Date : 08/06/2000 Heures: 8H00 Nb pages :14
Barème : Partie A : 9 points Partie B : 6 points Partie C : 5 points
Aucun document n'est autorisé

Les différentes parties de l'épreuve sont indépendantes. Les parties A (Construction et fabrication mécanique), B (Mécanique) et C (Automatique) doivent être traitées sur des copies indépendantes. Les documents réponses (3/14), (4/14), (5/14), (6/14), (8/14), (9/14) seront glissés à l'intérieur de la copie correspondante.

**FAUTEUIL ROULANT
POUR HANDICAPE MOTEUR**

Description:

Le fauteuil roulant représenté sur la figure 1 permet aux handicapés moteur de se déplacer librement à l'intérieur et à l'extérieur des locaux sans aucune assistance. Ce fauteuil fonctionne en deux modes: motorisé et manuel.

Pour le mode motorisé, l'handicapé dispose d'une manette permettant de commander aisément:

- le déplacement du fauteuil en avant ou en arrière à une vitesse réglable de 0 à 6 Km/heure;
- le braquage à droite ou à gauche du fauteuil facilitant ainsi les manœuvres difficiles à l'intérieur des locaux même quand la vitesse de déplacement est nulle;
- la montée et la descente du siège (assise + dossier) à une altitude variable avec un déplacement latéral afin de donner à l'handicapé une autonomie pour se déplacer du siège vers son lit et vis versa.

La motorisation de ce fauteuil est assurée par 3 moteurs à courant continu (M1, M2 et M3):

- Les moto réducteurs frein M1 et M2 commandent respectivement les deux roues arrières droite et gauche (les deux roues avants sont des roues suiveuses);
- Le moto réducteur M3 permet de commander un système de levier articulé pour assurer le déplacement vertical et latéral du siège à la hauteur voulue (figure 2 et 3).

L'alimentation des trois moteurs est assurée par une batterie de 24 V rechargeable, donnant ainsi une autonomie de 23 Km environ.

Le mode manuel est essentiellement utilisé en cas de panne du système de motorisation (panne moteur, batterie déchargée, etc...). Le passage à ce mode de fonctionnement est réalisé par un système d'embrayage commandé par action de l'assistant de l'handicapé moteur sur la tirette (18) (page (7/14)).

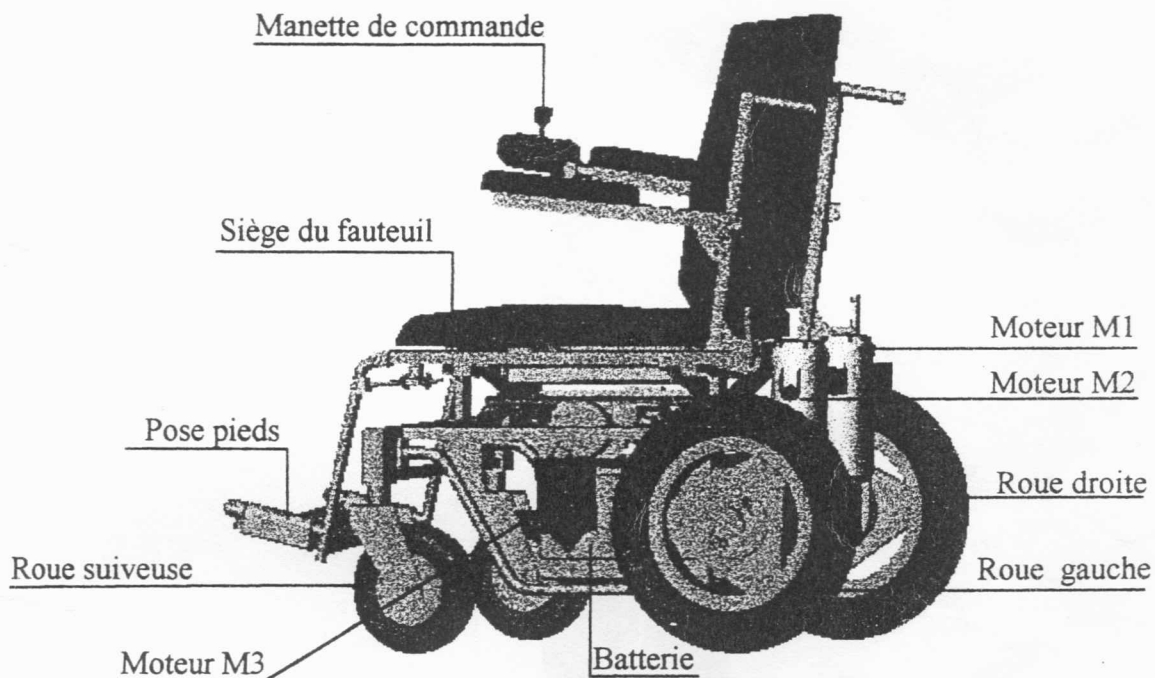


Figure 1: Vue générale du fauteuil roulant

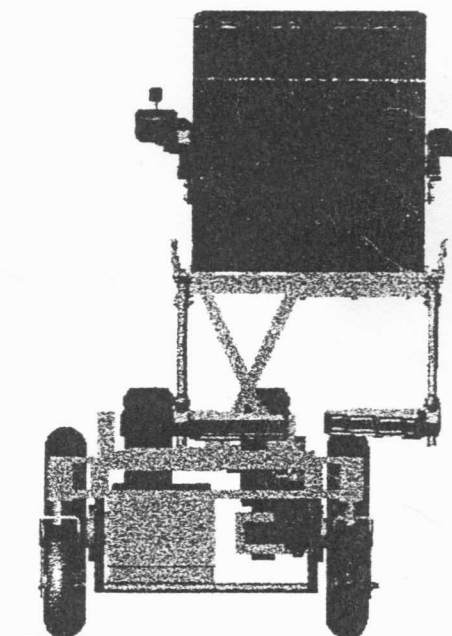


Figure 2 : Siège du fauteuil en position haute

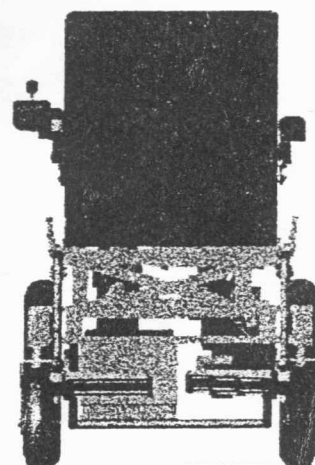
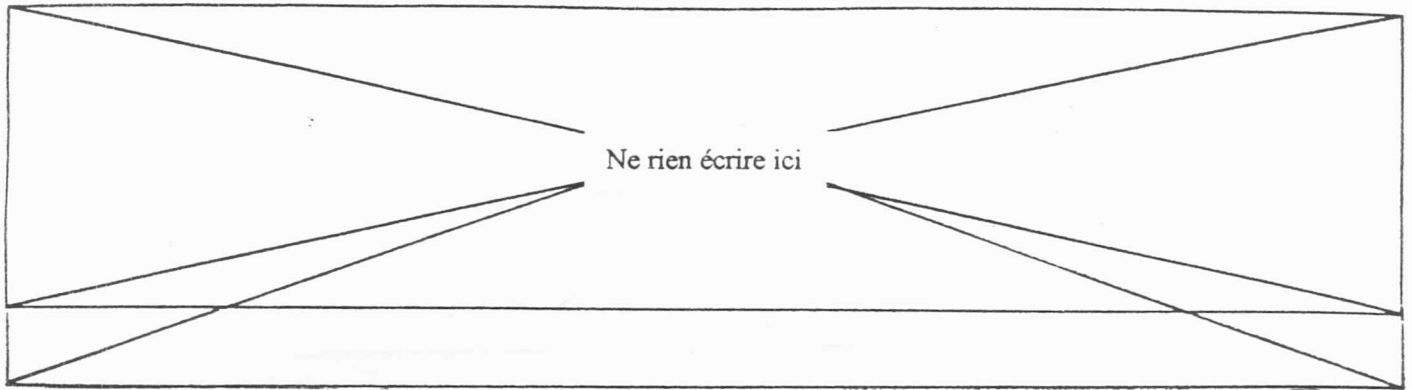


Figure 3: Siège du fauteuil en position basse



4

A-2 ETUDE DE LA PARTIE OPERATIVE (Motorisation des roues arrières)

Dans cette partie, on s'intéresse seulement au système de transmission de mouvement du moto réducteur frein à la roue gauche ou droite, représenté sur la pages (7/14) et (10/14).

NB: Mesurer les cotes utiles sur le dessin ci-nécessaire

A-2-1 Etude de l'embrayage

Lors du passage du mode motorisé en mode manuel (panne d'un moteur, batterie déchargée, etc....), l'assistant de l'handicapé moteur agit sur la tirette d'embrayage (18) avec deux doigts.

A-2-1-1 Quel est le type d'embrayage utilisé?.....

A-2-1-2 Quel sont les pièces entraînées en translation avec la tirette d'embrayage (18)?.....

A-2-1-3 Quel est le rôle du ressort (21) ?

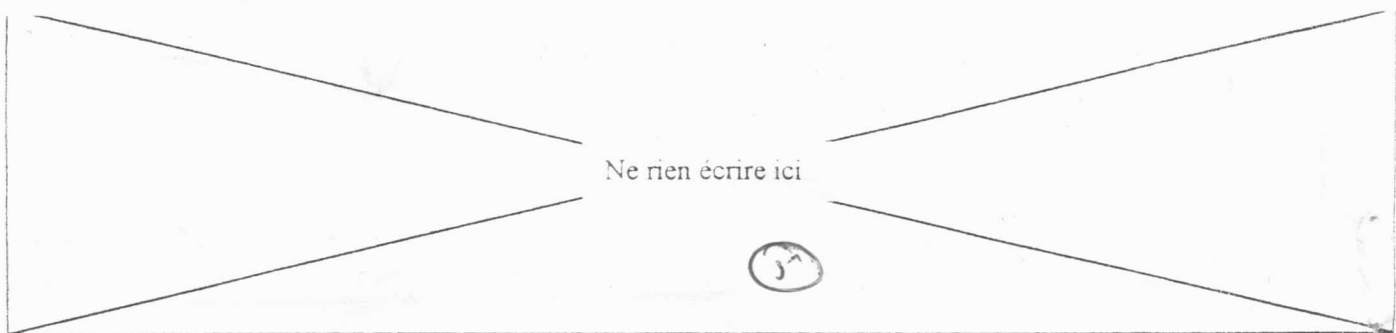
A-2-1-4 Déterminer la course nécessaire de la tirette (18) pour passer du mode motorisé au mode manuel

A-2-1-5 Quelle est l'utilité des lumières L1 et L2 usinées sur la pièce (23) et pourquoi comportent-elles deux diamètres différents (voir vue suivant F du flasque (23) seul à la page (7/14)).

A-2-1-6 Comment l'assistant de l'handicapé doit agir sur la tirette (18):

- pour passer du mode motorisé au mode manuel

- pour passer du mode manuel au mode motorisé



A-2-1-7 Calculer le couple C_1 exercé sur l'axe (9).

On donne:

- puissance de chaque moteur: $P_m = 0,4 \text{ Kw}$
- rendement du réducteur: $\eta = 0,75$
- vitesse nominale du fauteuil: $V = 1 \text{ Km/h}$
- diamètre de la roue motrice: $d = 400 \text{ mm}$

A-2-1-8 En raison du jeu prévu entre les tétons des vis (14) et les encoches de l'axe (9), la répartition des sollicitations n'est pas identique d'un téton à l'autre. On supposera que le téton le plus sollicité est soumis, dans le cas le plus défavorable, à la totalité de l'effort. Vérifier, dans ces conditions la résistance des tétons des vis (14) au cisaillement.

On donne:

- Contrainte admissible de cisaillement du matériau des vis (14): $R_{pg} = 145 \text{ MPa}$ ($1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$)
- Diamètre du téton de la vis (14): $d_{14} = 8 \text{ mm}$

A-2-2 Dimensionnement du coussinet (20):

A-2-2-1 En mode manuel, la liaison entre l'arbre (9) et le coussinet (20) est une liaison pivot. Calculer la pression p au niveau du contact arbre/coussinet.

On donne:

- Charge maximale sur une roue motrice dans le cas le plus défavorable: $F_{\max} = 250 \text{ daN}$
- Diamètre intérieur du coussinet: $d_2 = 18 \text{ mm}$
- longueur du coussinet: $l_2 = 36 \text{ mm}$
- vitesse de rotation maximale: $N_{\max} = 150 \text{ tr/mn}$

Nom : Prénom :

Identification :

Série :

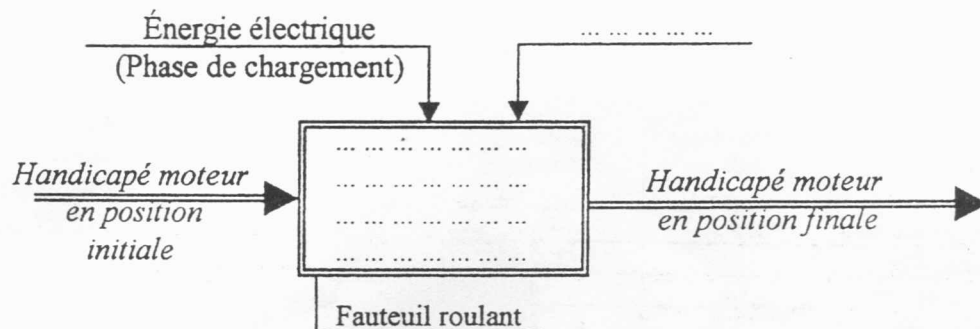
3

PARTIE -A- :CONSTRUCTION ET FABRICATION MECANIQUE

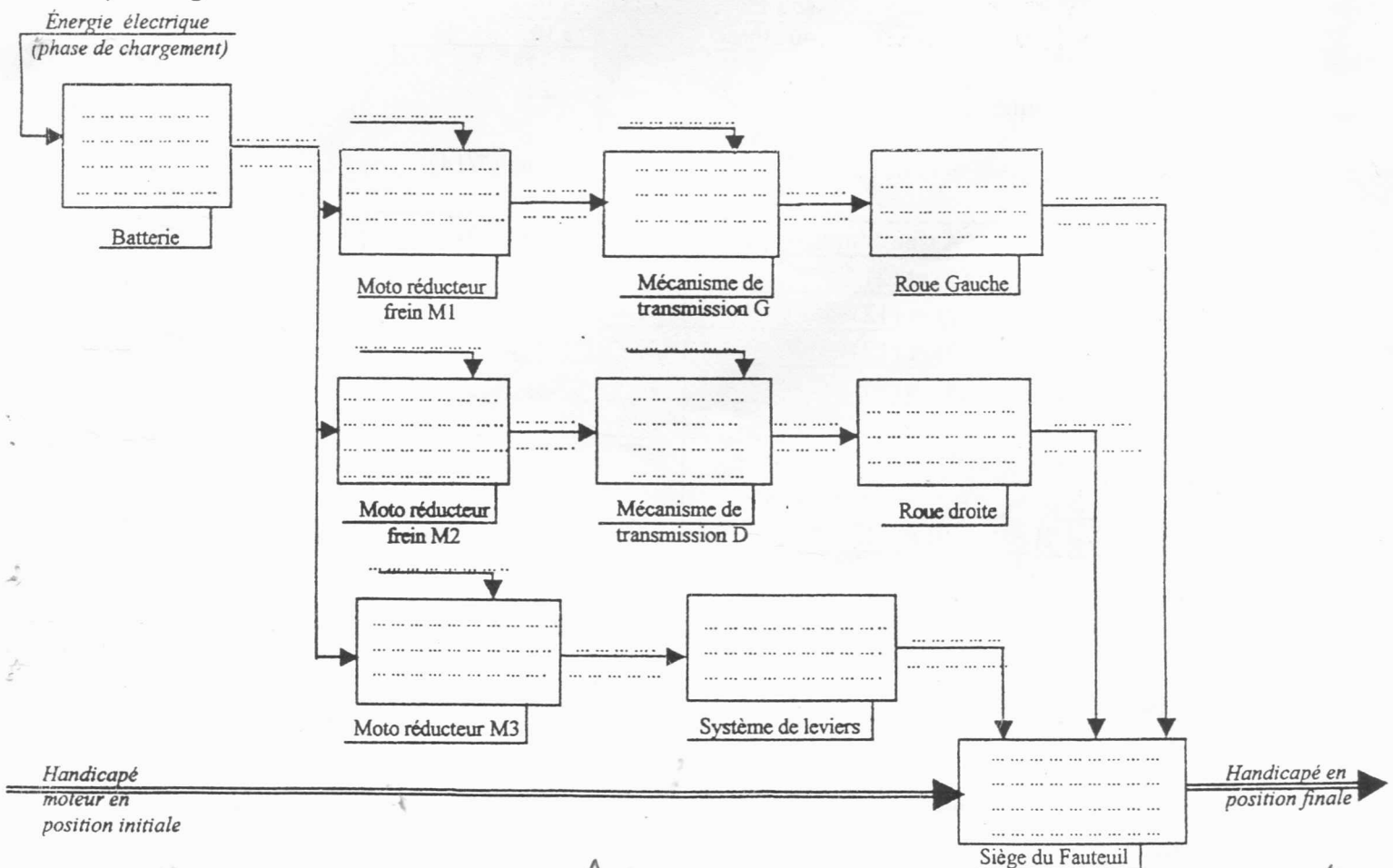
A-1- ANALYSE FONCTIONNELLE

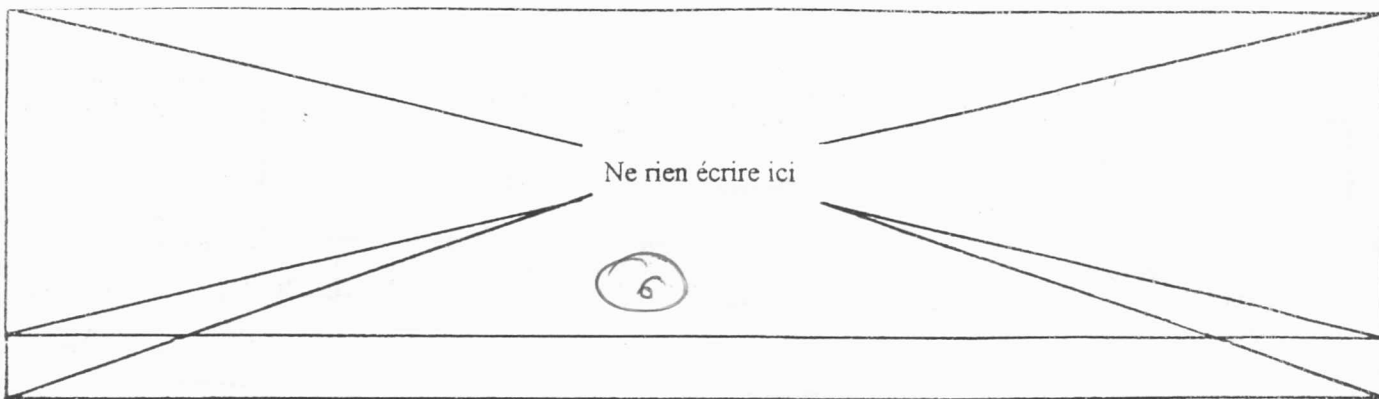
En se basant sur la description du fauteuil roulant en mode motorisé et en se référant aux dessins d'ensemble des différents éléments représentés sur les pages (6/14) et (7/14), compléter les actigrammes suivants :

a) L'actigramme A-0



b) L'actigramme A0





A-2-2-2 Calculer la vitesse de glissement V au niveau du contact arbre (9) coussinet (20).

A-2-2-3 Calculer le produit $p.V$ et choisir en utilisant le tableau ci-dessous le type de coussinet convenable pour qu'il résiste bien à l'usure et au matage.

Type de coussinet:

Performances indicatives comparatives des coussinets usuels				
Type de coussinet	Vitesse maxi admissible (m/s)	Température limites de fonctionnement (°C)	Pression admissible en fonctionnement (N/mm ²)	Produit P.V admissible (N/mm ²). (m/s)
Glacier acétal	2 à 3	-40 à 100	14	0,48
Glacier PTFE	3	-200 à 280	20	0,9
Graphite	13	400	5	0,45
Bronze-étain	7 à 8	250	7 à 35	1,7
Bronze-plomb	7 à 8	250	20 à 30	1,8
Nylon	2 à 3	-80 à 120	7 à 10	0,1 à 0,3
Acétal	2 à 3	-40 à 100	7 à 10	0,3

A-2-3 Cotation fonctionnelle

A-2-3-1 Indiquer les ajustements des assemblages suivants voir page (7/14)

Assemblage	Ajustement
ϕ A entre (1) et (2)	
ϕ B entre (2) et (12)	
ϕ C entre (7) et (12)	
ϕ D entre (8) et (9)	
ϕ E entre (11) et (12)	
ϕ F entre (9) et (7)	
ϕ G entre (20) et (23)	
ϕ H entre (9) et (20)	

Nom : Prénom :

Identification :

Série :

7

A-2-3-2 Tracer sur le dessin ci-dessous les chaînes de cotes relatives aux conditions I, J et K.

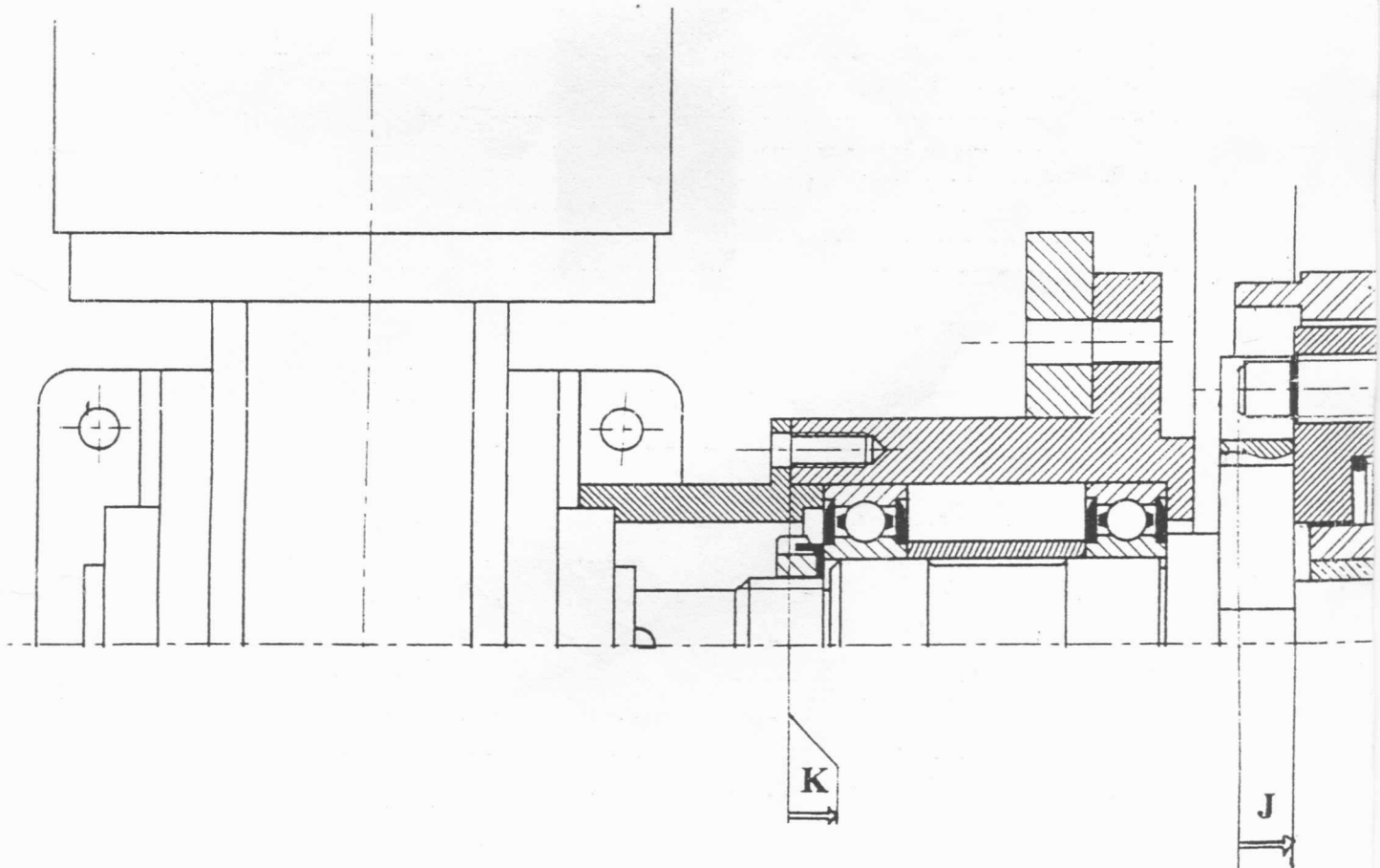
- La condition **I** entre l'axe (9) et la tirette (18) position embrayée.
- La condition **J** entre l'extrémité de la vis (14) et la face droite de l'axe (9) en position embrayée.
- La condition **K** entre le couvercle centreur (2) et le boîtier (12).

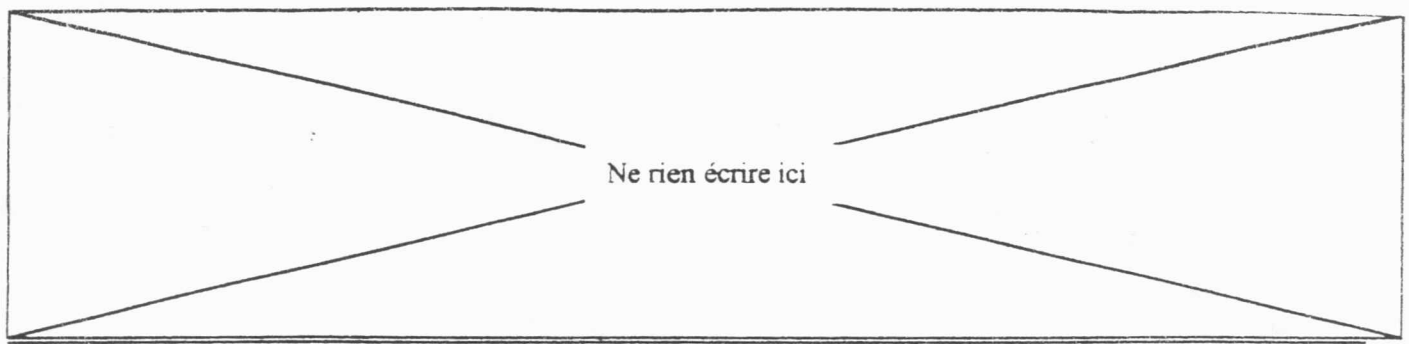
A-2-3-3 Justifier l'utilité de chacune de ces conditions

... Condition I:

... Condition J:

... Condition K:





A-3 Etude de conception

Dans cette partie, on s'intéresse au système d'élévation du siège du fauteuil donné par le dessin d'ensemble de la page (6/14).

A-3-1 Guidage en rotation de l'arbre (33)

Compléter sur la page (6/14) en coupe B-B et à l'échelle (1:2):

- le guidage en rotation de l'arbre (33) par un coussinet épaulé (30) et un coussinet simple (35) en bronze;
- la cotation des assemblages fonctionnels.

A-3-2 Liaison hélicoïdale de l'arbre (33) avec le porte écrou (32)

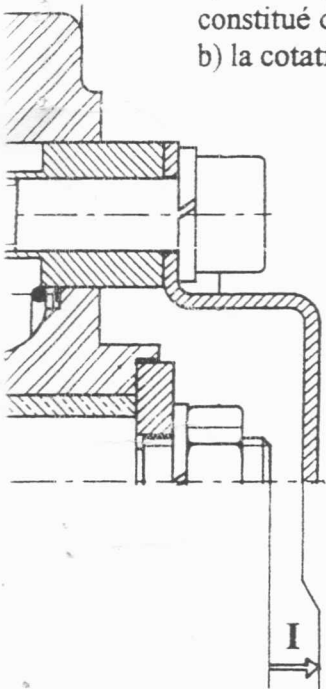
Compléter sur la page (6/14) en coupe B-B et à l'échelle (1:2):

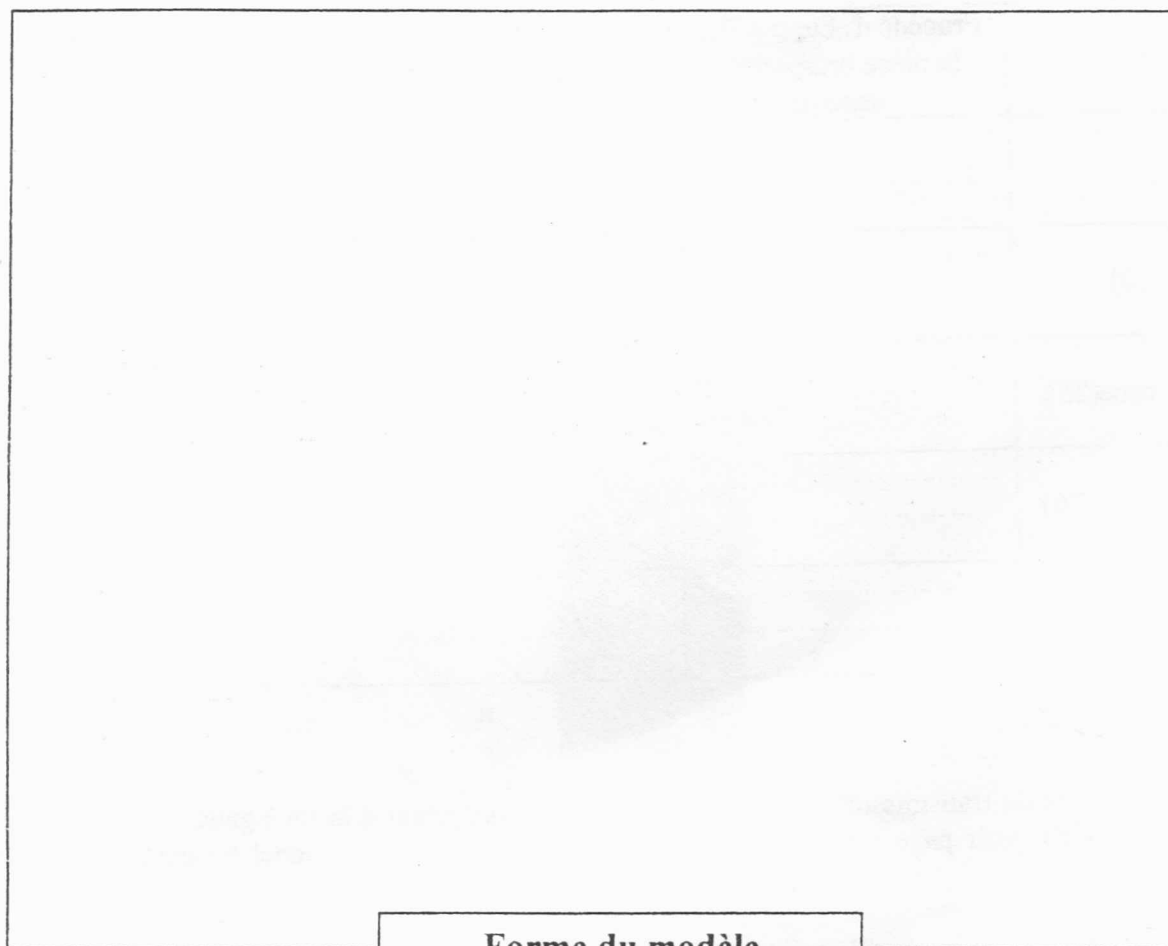
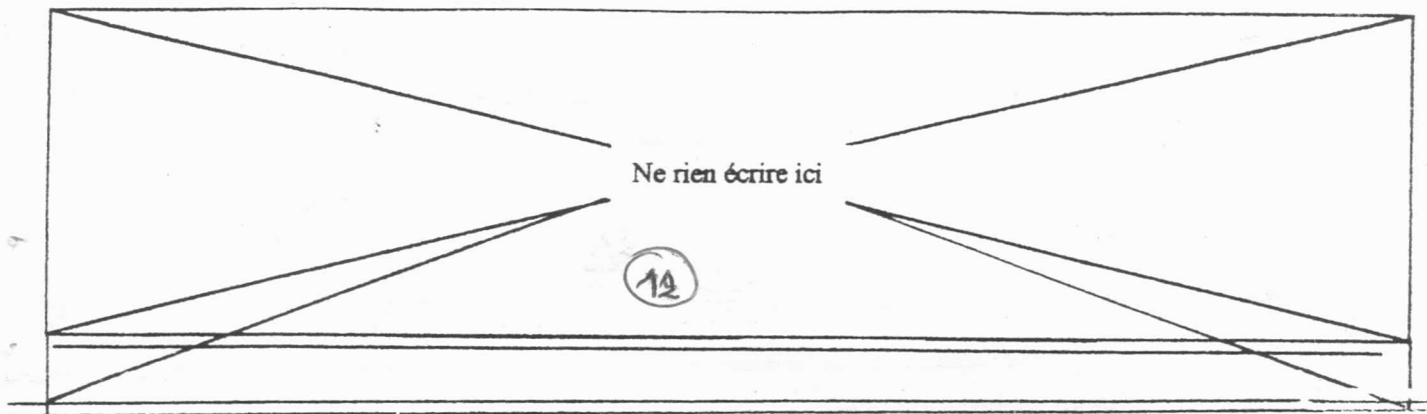
- la liaison hélicoïdale de l'arbre (33) avec l'écrou (E) à prévoir;
- la liaison complète de l'écrou (E) avec le porte écrou (32);
- la cotation des assemblages fonctionnels.

A-3-3 Accouplement du moto réducteur à courant continu (M3) avec l'arbre (33)

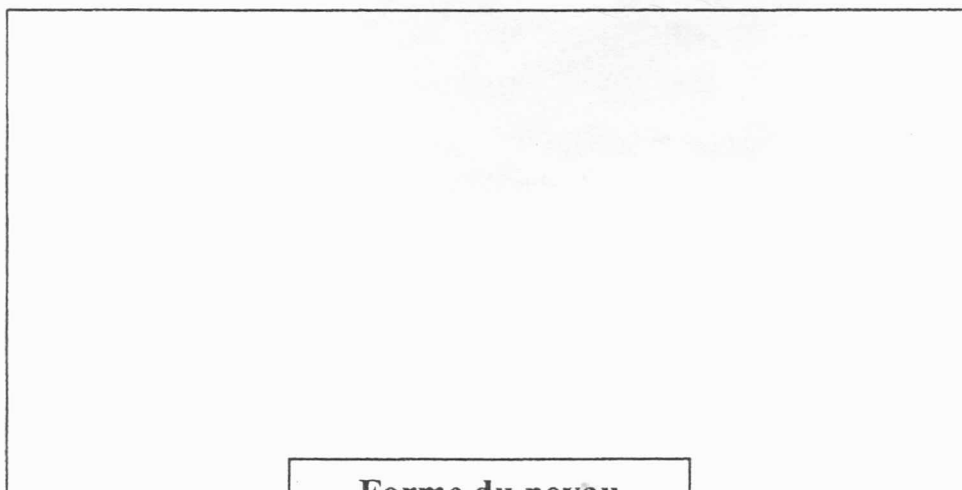
Compléter sur la page (6/14) en coupe B-B et à l'échelle (1:2):

- l'accouplement de l'arbre (33) avec le moto réducteur (M3) par un accouplement rigide (A) constitué de deux flasques assemblés par 3 boulons;
- la cotation des assemblages fonctionnels.





Forme du modèle



Forme du noyau

Ne rien écrire ici



A-4-2 Compléter le tableau en précisant le mode d'obtention des pièces brutes avant usinage pour une moyenne série.

Pièces	Procédé d'obtention de la pièce brute avant usinage	Justification
Tirette (18)		
Coussinet (20)		
Jante de la roue(25)		
Pneu de la roue (26)		
Flasque (23)		

A-4-3 Usinage

L'axe (9) du système de transmission de mouvement du moto réducteur à la roue gauche ou droite est en 20 MnCr5 (20MC5) (voir page (10/14)). Son usinage est effectué sur une machine-outil à commande numérique (CNC).

A-4-3-1 Quelle est la signification de la désignation 20 MnCr5 ?Justifier ce choix.

.....

A-4-3-2 Ecrire les blocs de programmation en langage ISO nécessaire pour la réalisation des surfaces noircies indiquées sur la page (10/14) en précisant le rôle de chaque fonction.

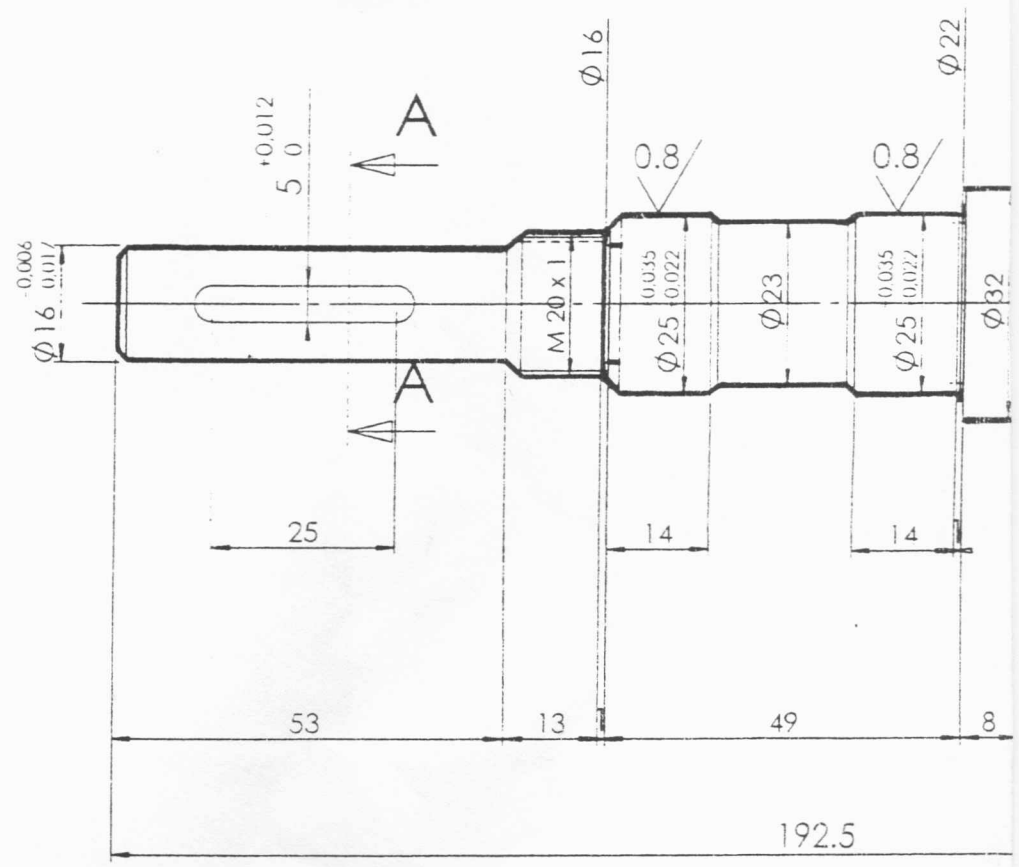
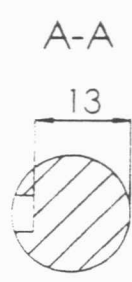
.....

Ne rien écrire ici

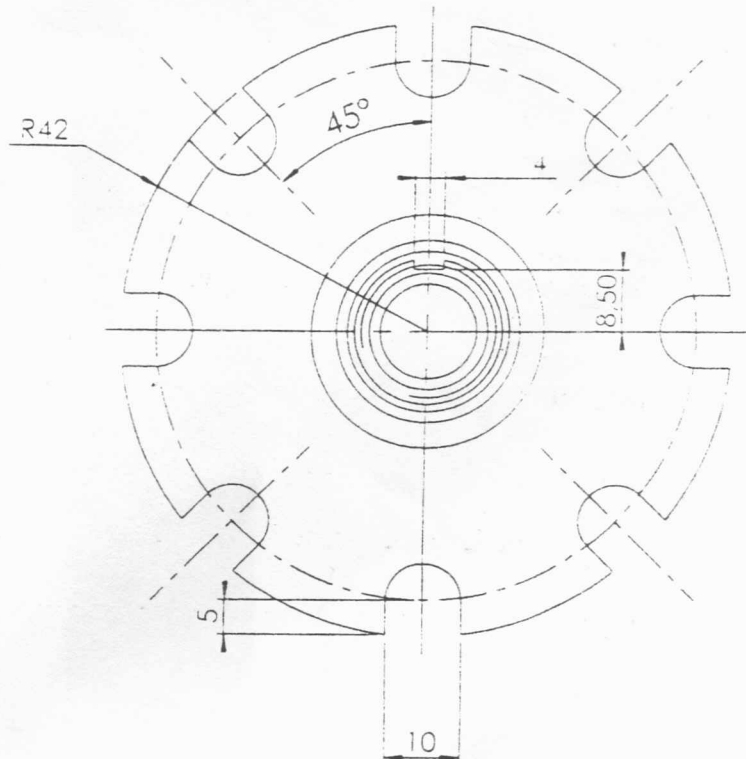
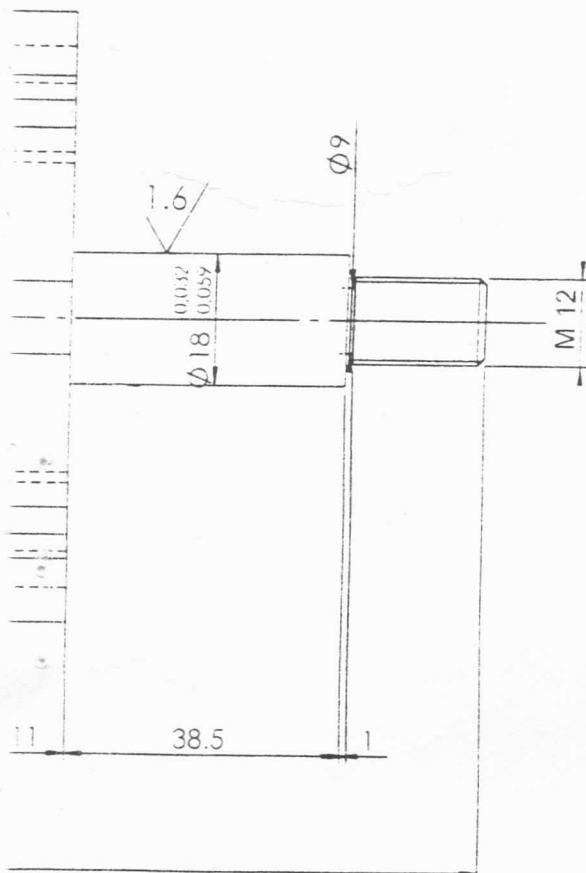


A-4-3-3 L'axe (9) comporte 8 encoches réparties uniformément sur la circonférence comme le montre le dessin de définition page (10/14). Représenter par un dessin à main lever l'axe (9) en position d'usinage des encoches en précisant la machine et l'outillage nécessaire pour l'exécution de cette opération.

9



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

PARTIE -B- : MECANIQUE

91

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.

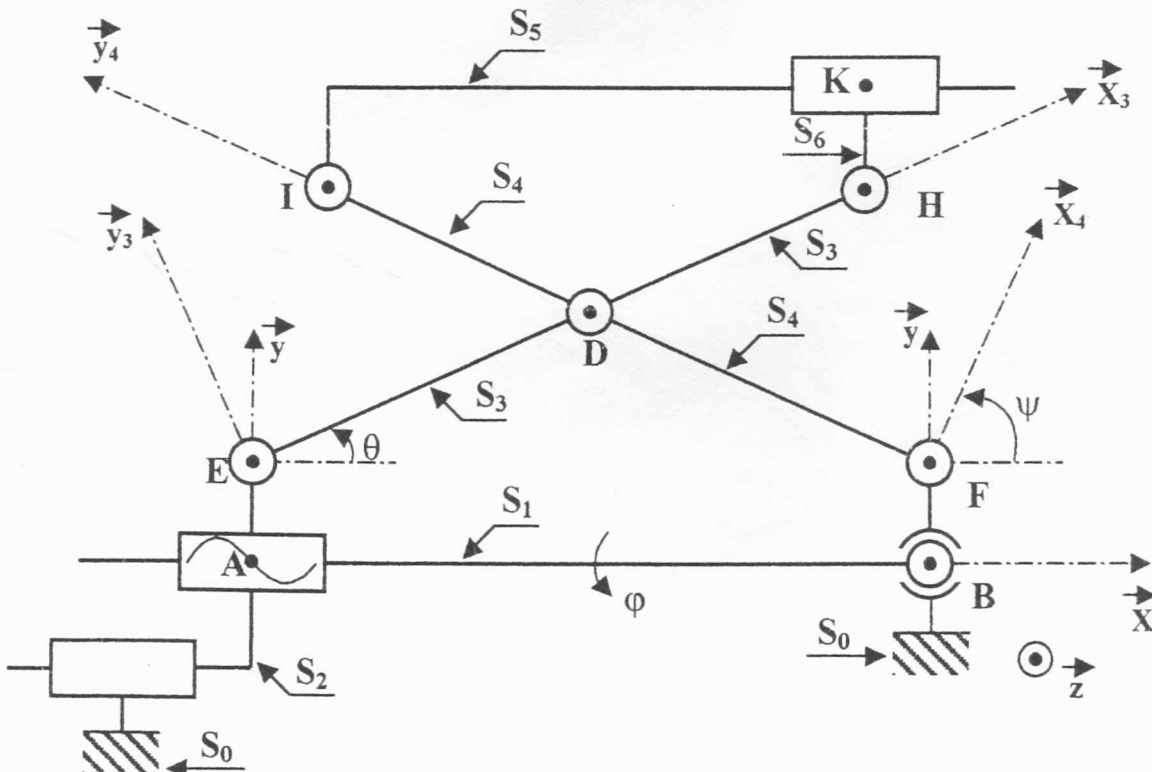
Ce système est en mouvement par rapport à un repère $R(B, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ galiléen orthonormé direct lié au bâti (S_0). L'accélération de la pesanteur s'écrit : $\vec{g} = -g\vec{y}$. Les différents solides qui constituent ce système sont les suivants :

- 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-

11

- 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 :

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 $H(p)$.