Institut Préparatoire aux Etudes d'Ingénieur de Sfax

AU : 2022–2023

MP1 et PC1

DEVOIR DE SYNTHESE
MECANIQUE DES SOLIDES INDEFORMABLES

Date :04/01/2023 **Durée : 1h 30min** **Aucun document n'est autorisé**

Principe de fonctionnement

Le système étudié est un déambulateur électrique. Il facilite au sujet âgé la transition d'une position assise à une position debout dans un premier temps et permet d'assister à sa marche dans un deuxième temps. La figure.1 représente le déambulateur étudié avec les différentes positions que peut occuper l'utilisateur. Durant toute les phases les poignées doivent être maintenues en position horizontale.

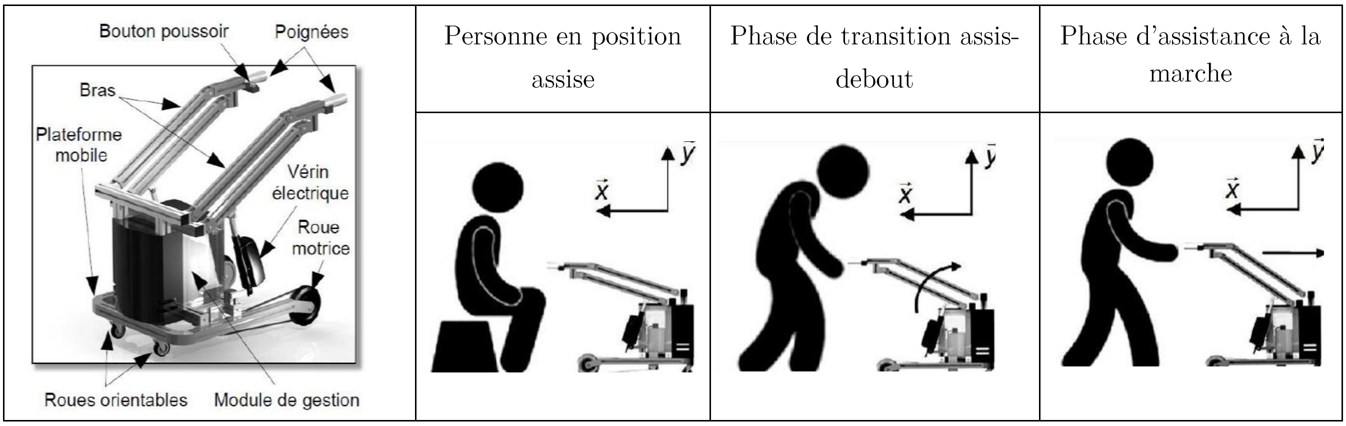


Figure 1 : Déambulateur

On se limite dans cette étude à la phase de transition assis-debout. La phase d'assistance à la marche n'est pas étudiée. Les deux roues sont alors considérées fixe par rapport au sol par un système de freinage jouant le rôle de bâti (S_0).

Le déambulateur présente deux bras équivalents liés à deux poignées qui doivent être maintenues par la personne pour assurer son soulèvement. Vue la symétrie du système étudié on s'intéressera dans la suite qu'à l'étude du mouvement d'un seul bras (formé par (S_3, S_4)) et de la poignée (S_5).

Le schéma cinématique du dispositif étudié est représenté dans la **Figure.2.** Le système est composé par les éléments suivant :

-Un vérin (S_1, S_2) dont la tige (S_1) lié au repère $\boldsymbol{R_1(O,\vec{x}_1,\vec{y}_1,\vec{z}_0)}$ et en liaison pivot d'axe $(O,\vec{z}_0)$ avec le bâti (S_0) auquel est lié le repère $\boldsymbol{R_0(O,\vec{x}_0,\vec{y}_0,\vec{z}_0)}$ et paramétré par l'angle $\boldsymbol{\alpha} = (\vec{x}_0,\vec{x}_1) = (\vec{y}_0,\vec{y}_1)$.

Le corps (S_2) lié au repère $\mathbf{R_2}(\boldsymbol{C},\vec{x}_1,\vec{y}_1,\vec{z}_0)$ et en liaison glissière d'axe $(O,\vec{y}_1)$ avec la tige (S_1).

-Le bras (S_3) lié au repère $\boldsymbol{R_3(A,\vec{x}_3,\vec{y}_3,\vec{z}_0)}$, est en liaison pivot d'axe $(A,\vec{z}_0)$, par rapport à (S_0), son mouvement est paramétré par l'angle $\boldsymbol{\beta} = (\vec{x}_0,\vec{x}_3) = (\vec{y}_0,\vec{y}_3)$ dont la valeur est limitée par l'intervalle $18° \leq \beta \leq 90°$

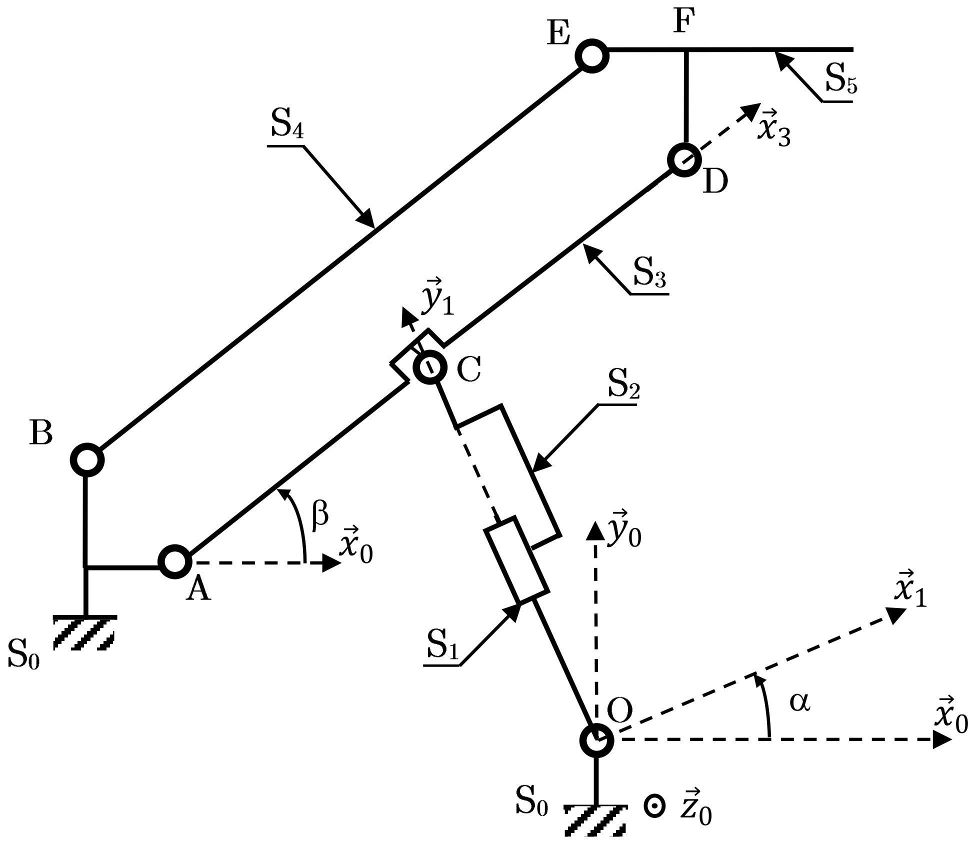


Figure 2: Schéma cinématique minimal du déambulateur

En fait, l'action du vérin (S_1,S_2) conduit à la rotation des deux bras (S_3 et S_4) et par la suite au déplacement du poignée (S_5).

-Le solide (S_3) est en liaison pivot par rapport à (S_2) d'axe $(C, \vec{z}_0)$.

-Le solide (S_4) lié au repère $\boldsymbol{R_4(B, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_0)}$ est en liaison pivot par rapport à (S_0) d'axe $(B, \vec{z}_0)$.

-Le solide (S_5) lié au repère $\boldsymbol{R_5(E, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)}$ est en liaison pivot d'axe $(E, \vec{z}_0)$ par rapport à (S_4), et en liaison pivot d'axe $(D, \vec{z}_0)$ par rapport à (S_3)

Suite à la prise par la main de la poignée (S_5) qui garde toujours une position horizontale, le système aide au soulèvement de la personne âgée. On donne ci-dessous un extrait du cahier des charges fonctionnel du mécanisme.

Fonction	Critère	Niveau
Stabilité de la transition assis-debout.	Déplacement vertical de la poignée (S_5) Accélération maximale de la poignée (S_5)	**$25 \leq \eta \leq 60$cm** $\|\vec{\gamma}(F/\boldsymbol{S_0})\| < \boldsymbol{10cms^{-2}}$

<u>**Données et caractéristiques géométriques du mécanisme**</u>

$\overrightarrow{OC} = \lambda(t)\,\vec{y}_1$, $\overrightarrow{AC} = \overrightarrow{CD} = a\vec{x}_3$, $\overrightarrow{AO} = b\vec{x}_0 - c\vec{y}_0$, $\overrightarrow{DF} = d\,\vec{y}_0$, $\overrightarrow{BA} = \overrightarrow{ED} = e\vec{x}_0 - d\vec{y}_0$, $\overrightarrow{OF}.\vec{y}_0 = \eta(t)$

Avec a, b, c, d et e sont des constantes

INSTITUT PREPARATOIRE AUX ETUDES D'INGENIEUR DE SFAX Partie A : **Mécanique des solides indéformables**	Nom :……………………………………………….………………
	Prénom :……………………………………….………………………
	Classe :………………………………….……………………………
	CIN ou numéro de passeport :……………..…..

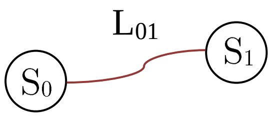
✂---

PARTIE GEOMETRIQUE :

1. Donner le paramètre d'entrée et le paramètre de sortie de ce système.

   Paramètre d'entrée : ………………… Paramètre de sortie : …………………

2. Compléter le graphe de liaison du système et donner son type.



Liaisons
L_{01} : …………………………………
……… : …………………………………
……… : …………………………………
……… : …………………………………
……… : …………………………………
……… : …………………………………
……… : …………………………………

   Type de la chaîne : ………………………………

3. a. Ecrire, dans la base R_0, l'équation vectorielle traduisant la fermeture géométrique (S_0-S_1-S_2-S_3-S_0). En déduire une relation entre $\lambda(t)$ et $\boldsymbol{\beta}$

……

……

……

……

……

……

……………………………………………………………………………………………………

NE RIEN ECRIRE ICI

✄---

b. Calculer le déplacement du vérin maximal $\lambda(t)_{max}$ et minimal $\lambda(t)_{min}$, durant la transition assis-debout. Déduire la course du vérin $\boldsymbol{\Delta\lambda(t)}$.

On donne :

a= 16 cm	b=20 cm	c=15 cm	d=8cm

……

……

……

……

$\boldsymbol{\Delta\lambda(t)}$=……………………..

4. a. En exploitant la relation $\overrightarrow{OF}.\overrightarrow{y_0} = \eta(t)$, déduire une relation directe entre $\boldsymbol{\eta}$ et $\boldsymbol{\beta}$

……

……

……

……

……

……

…………………………………………………………

b. Déduire les hauteurs minimale η_{min} et maximale η_{max} que peut occuper la poignée (S_5.) Vérifier par rapport au cahier de charge.

……

……

…………………………………………………………

…………………………………………………………

INSTITUT PREPARATOIRE AUX ETUDES D'INGENIEUR DE SFAX Partie A : **Mécanique des solides indéformables**	Nom :………………………………………………………………
	Prénom :……………………………………………………………
	Classe :………………………………………………………………
	CIN ou numéro de passeport :…………………

✄---

PARTIE CINEMATIQUE :

1. Déterminer les vecteurs instantanés de rotation suivants :

$\vec{\Omega}_{1/0}$ =…………..	$\vec{\Omega}_{2/1}$ =……………..	$\vec{\Omega}_{3/0}$ =……………….	$\vec{\Omega}_{4/0}$ =…………………
$\vec{\Omega}_{4/3}$ =…………..	$\vec{\Omega}_{2/0}$ =……………..	$\vec{\Omega}_{3/2}$ =…………..	$\vec{\Omega}_{5/0}$ =…………………

2. a. Déterminer par **dérivation** le vecteur vitesse : $\vec{V}(C\epsilon \mathbf{S_2}/\mathbf{S_1})$.

………

………

………

………

$\vec{V}(C\epsilon \mathbf{S_2}/\mathbf{S_1})$ =……………………………………………………………………

b. Déterminer par **composition** du mouvement le vecteur vitesse $\vec{V}(C\epsilon \mathbf{S_2}/\mathbf{S_0})$du point C du mouvement du solide (S_2) par rapport à (S_0).

………

………

………

………

$\vec{V}(C\epsilon \mathbf{S_2}/\mathbf{S_0})$ =……………………………………………………………………

3. a. Déterminer au point C, par **cinématique** du solide, le vecteur vitesse $\vec{V}(C\epsilon \mathbf{S_3}/\mathbf{S_0})$. En déduire le torseur cinématique, sa nature et son axe central s'il existe.

………

………

NE RIEN ECRIRE ICI

✂---

……

……

$\left\{v_{S_3/S_0}\right\}_C =$

-Nature :……………………………………………………………

-Axe central :……………………………………………………

b. Ecrire la condition cinématique au point **C**, et déduire par projection dans $\mathbf{R_0}$ le système d'équation qui en déroule.

……

……

……

……

……

………………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………………

4. Calculer par dérivation l'accélération $\vec{\gamma}(C\epsilon\mathbf{S_3}/\mathbf{S_0})$ en fonction de $\dot{\boldsymbol{\beta}}$, $\ddot{\boldsymbol{\beta}}$

……

……

……

……

……

$\vec{\gamma}(C\epsilon\mathbf{S_3}/\mathbf{S_0})$= ……………………………………………………………………

NE RIEN ECRIRE ICI

✂--

5. Exprimer dans la base du repère R_0, la vitesse $\vec{V}(D\epsilon \mathbf{S_3}/\mathbf{S_0})$ du point **D**, par la cinématique du solide en fonction de $\boldsymbol{\beta}$, $\dot{\boldsymbol{\beta}}$

……

……

……

……

……

$\vec{V}(D\epsilon \mathbf{S_3}/\mathbf{S_0})$ = ……………………………………………………………………

6. Déterminer le torseur cinématique du solide (S_5) par rapport à (S_0) au point **F**, sa nature et le type du mouvement. Donner son axe central s'il existe.

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

$\left\{ v_{S_5/S_0} \right\}_F =$

-Nature :…………………………………………………………

-Axe central :……………………………………………………

NE RIEN ECRIRE ICI

✂---

7. En exploitant le produit scalaire $\vec{V}(F\epsilon\ \mathbf{S_5}/\mathbf{S_0})\,.\,\overrightarrow{y_0}$ en fonction de $\boldsymbol{\beta}\,,\dot{\boldsymbol{\beta}}$, déduire une relation entre $\dot{\eta}(\boldsymbol{t}), \boldsymbol{\beta}\ \boldsymbol{et}\ \dot{\boldsymbol{\beta}}$.

……

……

……

$\vec{V}(F\epsilon\ \mathbf{S_5}/\mathbf{S_0})\,.\,\overrightarrow{y_0}$= ……………………………………………………………………………

-……………………………………………………………………………………………

8. a. Déterminer par dérivation l'accélération $\vec{\gamma}(F\epsilon\mathbf{S_3}/\mathbf{S_0})$ en fonction de $\dot{\boldsymbol{\beta}},\ \ddot{\boldsymbol{\beta}}$.

……

……

……

……

……

$\vec{\gamma}(F\epsilon\mathbf{S_3}/\mathbf{S_0})$=……………………………………………………………………………

b. Déterminer $\|\vec{\gamma}(F\epsilon\mathbf{S_3}/\mathbf{S_0})\|$ sachant que $\boldsymbol{\beta} = \boldsymbol{wt}$ et que $\boldsymbol{\omega} = 0{,}5\ rad/s$. Conclure par rapport au cahier de charge.

……

……

……

……

……

……

$\|\vec{\gamma}(F\epsilon\mathbf{S_3}/\mathbf{S_0})\|$ =……………………………………………………………………………

-……………………………………………………………………………………………