

## A - Analyse et compréhension du système

*Dans cette partie, il s'agit d'identifier les différents éléments constituant le système et de définir les liaisons entre ces éléments.*

### **Répondre sur le document réponse DR1**

#### **Question A.1**

En vous aidant des **documents techniques DT3 et DT4**, indiquer le nom et le repère de la pièce principale constituant chacune des classes d'équivalence proposées.

#### **Question A.2**

En vous aidant des **documents techniques DT3 et DT5**, indiquer le nom de la liaison réalisée entre chaque classe d'équivalence proposée, ainsi que ses caractéristiques géométriques (centre de la liaison dans le schéma plan, vecteur définissant l'axe ou la normale de la liaison dans le repère indiqué).

#### **Question A.3**

En vous aidant des données des **documents techniques DT3 et DT5** et de l'exemple proposé sur le **document réponse DR1**, indiquer le nom des liaisons entre les classes d'équivalence suivantes (système en phase de montée) :

- **S7 et S9**
- **S8 et S9**

#### **Question A.4**

Compléter le schéma plan avec les éléments représentant les classes d'équivalences suivantes (système en phase de montée) :

- **S8**
- **S9**
- et toutes les liaisons faisant intervenir ces deux éléments.

## B - Etude de la fonction FS : "Permettre l'accès d'un véhicule à une personne en fauteuil roulant sans modification de la carrosserie"

*Afin de faciliter la maintenance et de réduire l'encombrement du hayon élévateur HBC 300, la société Bourgeois a opté pour l'utilisation d'un seul actionneur (vérin hydraulique). Celui-ci doit permettre la montée et le repliage du plateau.*

Définition des mouvements (voir **document technique DT5**) :

- ☐ Montée du plateau : passage de la position basse à la position haute.
- ☐ Repliage du plateau : passage de la position haute à la position repliée.

## 1 - Etude de la fonction FT1 :

### "Monter la personne en fauteuil roulant parallèlement au sol"

Pendant cette phase, on considère que le **plateau (14)** et le **bras vertical (9)** sont en liaison encastrement ; le plateau étant en butée sur le bras vertical par l'intermédiaire de la **vis (15)**.

### 1.1 - Détermination de la course intermédiaire de la tige du vérin pour satisfaire la fonction FT1

**Répondre aux questions sur le document réponse DR2**  
**Effectuer les tracés sur le document réponse DR3**

#### Question 1.1.1

Définir la nature des mouvements (rotation, translation,...) entre les solides suivants et les principales caractéristiques géométriques (centre, axe ou normale) :

- **S5** et **S1**
- **S4** et **S1**

#### Question 1.1.2

Définir complètement les trajectoires suivantes et les tracer :

- $T_{E \in S5 / S1}$
- $T_{F \in S5 / S1}$
- $T_{D \in S4 / S1}$

$T_{N \in S_i / S_j}$  : Trajectoire du point  $N$  appartenant à l'élément représentant la classe d'équivalence  $S_i$  par rapport à l'élément représentant la classe d'équivalence  $S_j$ .

#### Question 1.1.3

Justifier que  $T_{D \in S4 / S1} = T_{D \in S6 / S1}$

Sur le **document réponse DR3**, on a représenté l'axe du vérin dans les trois positions du plateau :

- 1 : Position basse
- 2 : Position haute
- 3 : Position repliée

On considère que:  $T_{E \in S5 / S1} = T_{E \in S6 / S1}$   
 $T_{F \in S5 / S1} = T_{F \in S3 / S1}$

#### Question 1.1.4

Placer les points **D<sub>2</sub>**, **E<sub>2</sub>** et **F<sub>2</sub>**, correspondant à la position 2 des points **D**, **E** et **F**.

#### Question 1.1.5

- Tracer les segments **[KL]**, **[ED]** et **[E<sub>2</sub>D<sub>2</sub>]**.
- Compte tenu des segments que vous venez de tracer, définir la nature du mouvement de **S6** par rapport à **S1**.
- Justifier votre réponse.

**Question 1.1.6**

- En déduire la nature du mouvement de **S7** par rapport à **S1**.
- Justifier votre réponse.

**Question 1.1.7**

Placer le point **A<sub>2</sub>** correspondant à la position 2 du point **A**.

**Question 1.1.8**

Indiquer sur le **document réponse DR3** la valeur de l'élévation verticale du plateau à l'aide d'une cote chiffrée.

**Question 1.1.9**

Comparer la valeur de l'élévation du plateau avec celle du cahier des charges et conclure.

**Question 1.1.10**

Pour la phase de montée, déterminer la valeur de la course intermédiaire de la tige du vérin : **C<sub>1-2</sub>**.

## 1.2 - Détermination du débit à fournir au vérin pour satisfaire la fonction FT1

*La vitesse de montée de l'ensemble {plateau + personne en fauteuil} par rapport au bâti est modélisée par un vecteur représenté sur le **document réponse DR4**.*

$$\left\| \overrightarrow{V_{G \in S7 / S1}} \right\| = 62 \text{ mm/s.}$$

*Le point **G** est le centre de gravité de l'ensemble {plateau + personne en fauteuil}.*

**Les réponses et les tracés se feront avec soin sur le document réponse DR4**

**Question 1.2.1**

- $\overrightarrow{V_{G \in S7 / S1}} = \overrightarrow{V_{E \in S6 / S1}}$
- Justifier cette égalité.
  - Tracer  $\overrightarrow{V_{E \in S6 / S1}}$

**Question 1.2.2**

Justifier que  $\overrightarrow{V_{E \in S6 / S1}} = \overrightarrow{V_{E \in S5 / S1}}$ .

**Question 1.2.3**

- Déterminer le mouvement du **S5** par rapport au **S1**.
- Tracer le support de  $\overrightarrow{V_{F \in S5 / S1}}$ . Justifier.

**Question 1.2.4**

- A l'aide de la méthode de votre choix, déterminer graphiquement  $\overrightarrow{V_{F \in S5 / S1}}$ .
- Indiquer  $\left\| \overrightarrow{V_{F \in S5 / S1}} \right\|$ .

### **Poursuivre l'étude sur le document réponse DR5**

Quel que soit le résultat trouvé précédemment, on prendra :

$$\left\| \overrightarrow{V_{F \in S5 / S1}} \right\| = 65 \text{ mm/s.}$$

#### **Question 1.2.5**

Justifier et tracer les supports des vecteurs vitesse suivants :

- $\overrightarrow{V_{F \in S3 / S2}}$
- $\overrightarrow{V_{F \in S2 / S1}}$

#### **Question 1.2.6**

Ecrire la relation de composition des vitesses au point F.

#### **Question 1.2.7**

- Déterminer graphiquement  $\overrightarrow{V_{F \in S3 / S2}}$  et  $\overrightarrow{V_{F \in S2 / S1}}$ .
- Indiquer  $\left\| \overrightarrow{V_{F \in S3 / S2}} \right\|$ .

#### **Question 1.2.8**

Quels que soient les résultats trouvés, on prendra :  $\left\| \overrightarrow{V_{F \in S3 / S2}} \right\| = 20 \text{ mm/s.}$

- Calculer le débit nécessaire à fournir au vérin :  $Q_{1-2}$  (on rappelle que la tige du vérin sort).

Rappel:  $Q = V \times S$

Avec  $Q$  = débit en  $\text{m}^3/\text{s}$

$V$  = vitesse en  $\text{m/s}$

$S$  = surface du piston en  $\text{m}^2$  (voir **document technique DT6**)

#### **Question 1.2.9**

- Comparer le débit calculé avec celui que la pompe est capable de fournir (Voir cahier des charges - **document technique DT2**).
- Conclure.

## **1.3 - Détermination de la pression d'alimentation à fournir au vérin pour satisfaire la fonction FT1**

### **Hypothèses :**

- Masse maximale soulevée par le plateau :  **$M_s = 300 \text{ kg}$** .
- Masse du plateau :  **$M_p = 30 \text{ kg}$** .
- On néglige le poids des autres pièces devant les actions mises en jeu.
- On néglige l'action mécanique de l'ensemble S9 (tige de butée) sur l'ensemble S7 (plateau).
- On considère  **$g = 9,81 \text{ m/s}^2$** .
- On considère les mouvements suffisamment lents pour permettre une étude de statique.
- Afin de simplifier l'étude, bien que la charge soulevée par le plateau soit décentrée par rapport au mécanisme de levage, on considère que toutes les actions mécaniques sont ramenées dans le plan  $(\vec{y}, \vec{z})$ .
- On considère les liaisons parfaites.

On rappelle que :

- les ensembles S6 et S7 sont en liaison encastrement dans cette phase de montée ;
- les ensembles S6 et S5 sont en liaison pivot d'axe  $(E, \vec{x})$  ;
- les ensembles S6 et S4 sont en liaison pivot d'axe  $(D, \vec{x})$ .

**Les réponses et les tracés se feront avec soin sur le document réponse DR6**

**Question 1.3.1**

*Etude de l'équilibre du bras coudé S4.*

- Faire l'inventaire des actions mécaniques agissant sur S4 et conclure quant au support de  $\overrightarrow{D_{S6 \rightarrow S4}}$ . Tracer ce support sur le dessin de S4 isolé.

**Question 1.3.2**

*Etude de l'équilibre de l'ensemble {S6+S7}.*

- Faire l'inventaire des actions mécaniques agissant sur l'ensemble isolé.
- On choisit de modéliser l'action mécanique créée par la masse du plateau et celle de la charge par un seul et même torseur écrit au centre de gravité G (voir **document réponse DR6**).
  - Calculer le poids total  $P_{\text{total}}$  à soulever (en Newton).
  - Ecrire, dans le repère  $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ , le torseur d'action mécanique du poids total à soulever.
- Compléter le tableau (avant résolution).
- Sur le dessin de {S6+S7} isolé, déterminer graphiquement les actions mécaniques agissant sur cet ensemble. Compléter les valeurs des intensités de ces actions mécaniques.

*L'étude de l'équilibre du bras supérieur S5, menée à partir des résultats trouvés à la question précédente, a permis de déterminer l'action que doit fournir le vérin dans le cas le plus défavorable :*

$$\left\| \overrightarrow{F_{S3 \rightarrow S5}} \right\| = 9050 \text{ N.}$$

**Question 1.3.3**

Calculer la pression  $p_{1 \text{ MAXI}}$  à fournir au vérin en utilisant les dimensions relevées sur le **document technique DT6** (On rappelle qu'en phase de montée, la tige du vérin sort).

**Question 1.3.4**

- Comparer la pression calculée avec celle que la pompe peut fournir.
- Conclure.

|   |
|---|
| <b>1.4 - Modification du guidage en rotation entre le bras supérieur et le bras vertical afin de satisfaire la fonction FT1</b> |
|---|

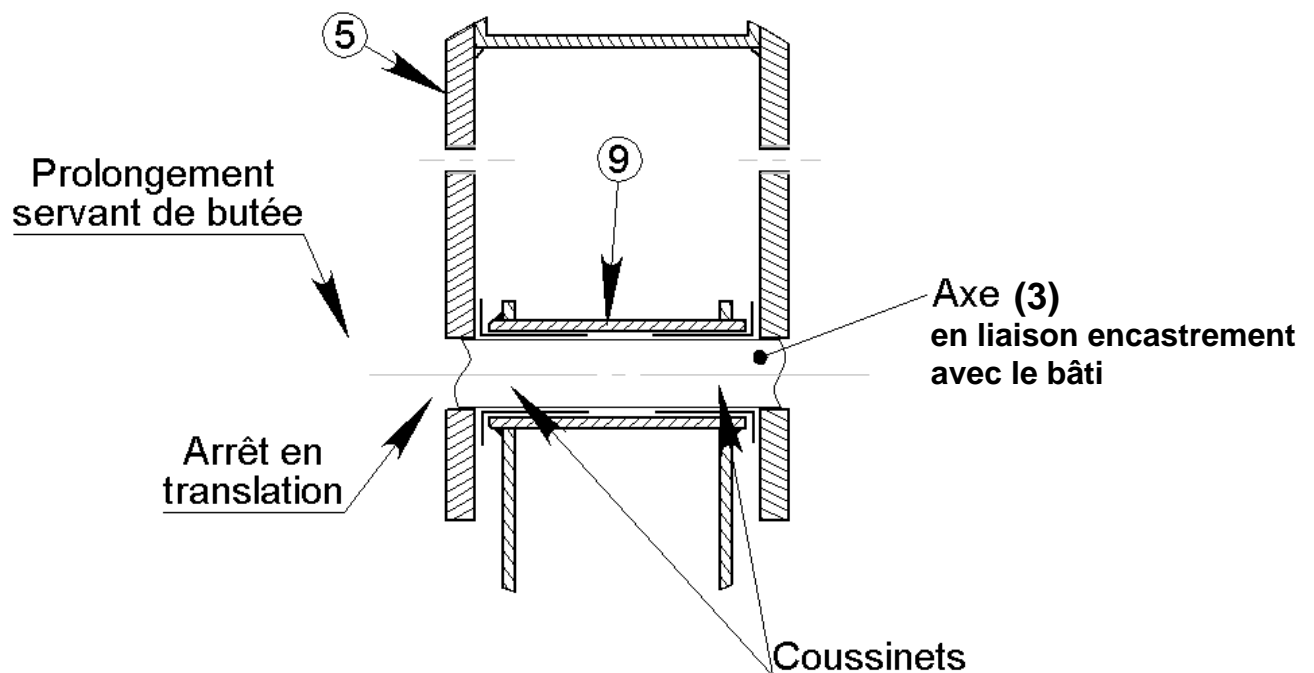
*Le guidage en rotation entre le bras supérieur et le bras vertical est réalisé par contact direct.*

*Dans ces conditions, on constate une usure prématurée essentiellement due à l'effort calculé à la question 1.3.2.*

*Afin d'y remédier, une modification de la solution est apportée par l'ajout de deux coussinets à collerette.*

### Cahier des charges de la modification :

- Les deux coussinets sont montés entre le **bras vertical (9)** et l'**axe (3)** lié au **bras supérieur (5)**.
- Pour des raisons de sécurité, l'**axe (3)** est monté :
  - d'un côté, en liaison encastrement avec le **bras supérieur (5)** ;
  - de l'autre, il est arrêté en translation.
- Du côté de l'arrêt en translation, l'axe se prolonge de 30mm à partir du flanc extérieur du **bras supérieur (5)** (diamètre 15mm), pour assurer la butée du **plateau (14)** lors de la fin de la phase de repliage.
- L'ensemble doit être démontable.



### Répondre sur le document réponse DR7

#### Question 1.4.1

- Après avoir mesuré les diamètres nécessaires sur le **document réponse DR7**, choisir les dimensions des coussinets sur le **document technique DT6**.
- Reporter ces dimensions sur le **document réponse DR7**.

#### Question 1.4.2

Dessiner, à main levée, dans la vue en coupe A-A (détail B à l'échelle 1:1) :

- a) Le montage des coussinets en indiquant les ajustements nécessaires.
- b) La liaison encastrement entre l'**axe (3)** et le **bras supérieur (5)**.
- c) L'arrêt en translation entre l'**axe (3)** et le **bras supérieur (5)**.
- d) Le prolongement de l'**axe (3)** afin de réaliser la butée du plateau.

#### Question 1.4.3

Représenter l'**axe (3)** servant à réaliser cette liaison, en perspective (à main levée).

## 1.5 - Etude de la résistance du bras coudé afin de satisfaire la fonction FT1

Le **bras S4** est coudé afin de permettre les mouvements du HBC 300 sans interférence avec les axes liant :  
- le **vérin** au **bâti** ;  
- le **bras supérieur** au **bâti**.

### Hypothèses :

- On néglige le poids de **S4** devant les autres actions mises en jeu.
- Afin de simplifier l'étude, on considère le problème dans le plan  $(\vec{x}_1, \vec{y}_1)$  (voir **document réponse DR8**).

L'étude de statique menée dans la partie 1.3 a permis de déterminer l'effort de **S6** sur **S4**. Quel que soit le résultat trouvé précédemment, on prend :

$$\vec{D}_{S6 \rightarrow S4} = -12000 \cdot \vec{x}_1 \quad (\text{Unité : N})$$

### Répondre sur le document réponse DR8

#### Question 1.5.1

Tracer, sur le dessin du **bras coudé** :  $\vec{D}_{S6 \rightarrow S4}$  et  $\vec{L}_{S1 \rightarrow S4}$ , lorsque celui-ci est en équilibre.

#### Question 1.5.2

Déterminer qualitativement les composantes non nulles du torseur de cohésion au point Z, barycentre de la section (S) du bras coudé et les types de sollicitations subies en ce point.

#### Question 1.5.3

A l'aide d'un logiciel d'éléments finis, on visualise par des couleurs différentes les contraintes sous charge dans le **bras coudé**.

- Entourer la zone pour laquelle la contrainte est maximale.

#### Question 1.5.4

Proposer, à main levée, une modification de la forme du **bras coudé** afin de réduire cette contrainte.

## 2 - Etude de la fonction FT2 : "Permettre le rangement du plateau à l'intérieur du véhicule"

*On rappelle que dans la position repliée, les points **O** et **P** sont confondus (voir **document technique DT5**).*

### 2.1 - Détermination de la course intermédiaire de la tige du vérin pour satisfaire la fonction FT2 et détermination de la course totale du vérin pour satisfaire la fonction FS

**Répondre aux questions sur le document réponse DR9**  
**Effectuer les tracés sur le document réponse DR3**

#### Question 2.1.1

Quelle est la liaison obtenue entre **S9** et **S8** lorsque les points **O** et **P** sont confondus ?

#### Question 2.1.2

Compléter le schéma cinématique du mécanisme représenté pendant la phase de repliage.

#### Question 2.1.3

Sur le **document réponse DR3**, construire les points **D<sub>3</sub>**, **E<sub>3</sub>** et **F<sub>3</sub>** correspondant à la position 3 des points D, E et F.

#### Question 2.1.4

- Tracer le segment **[E<sub>3</sub>D<sub>3</sub>]**.
- Dédire la nature du mouvement du **bras vertical S6** par rapport au **bâti S1**.
- Justifier votre réponse.

#### Question 2.1.5

*Pendant la phase de repliage :*

- Quelle est la nature du mouvement du **plateau S7** par rapport au **bras vertical S6** ?
- Décrire la cause principale permettant ce mouvement ? (S'aider du schéma cinématique).

#### Question 2.1.6

Quelle est la nature du mouvement du **plateau S7** par rapport au **bâti S1** ?

#### Question 2.1.7

Déterminer la valeur de la course intermédiaire **C<sub>2-3</sub>** de la tige du vérin lors de cette phase de repliage.

#### Question 2.1.8

En vous aidant des résultats précédents, calculer la course totale **C<sub>1-3</sub>** du vérin pour passer de la position basse à la position repliée.

#### Question 2.1.9

- Comparer la course totale nécessaire **C<sub>1-3</sub>**, avec celle du vérin choisi par le constructeur (voir **document technique DT6**).
- Conclure.



## 2.2 - Vérification de la condition de sécurité lors de la phase de repliage du plateau

**Rappel de la condition de sécurité :** si une masse de dix kilogrammes ou plus est placée sur le plateau, celui-ci ne doit pas se replier.

Une étude de statique menée à l'aide de l'outil informatique a permis de déterminer l'effort maximal fourni par le vérin pendant la phase de repliage :  $\|\vec{F}_{S3 \rightarrow S5}\| = 13000 \text{ N}$ .

### **Hypothèses :**

- On se place à l'instant où le plateau commence à se replier. Il n'y a donc plus contact au point **N** entre le plateau et le bras vertical.
- On considère que la **tige de butée** et le **tube de butée** n'ont pas de mouvement relatif.

### **Répondre sur le document réponse DR9**

#### **Question 2.2.1**

Calculer la pression  $p_{2 \text{ MAXI}}$  à fournir au vérin en utilisant les dimensions relevées sur le document technique DT6.

#### **Question 2.2.2**

- Expliquer en quelques mots pourquoi la contrainte de non repliage est ou n'est pas vérifiée.
- Dans le cas où elle ne serait pas vérifiée, citer une solution possible.

## 2.3 - Modification de la solution constructive réalisant la liaison encastrement entre l'axe de plateau (13) et le bras vertical (9)

Une barre de torsion (non étudiée dans ce sujet), placée à l'intérieur de l'axe de plateau (13), permet la mise en mouvement du plateau lors de la phase de dépliage.

Pendant la phase de repliage, on constate que cette barre de torsion entraîne un glissement non désiré entre l'axe de plateau (13) et le bras vertical (9) composé du bras et d'une pièce à alésage conique.

Dans cette partie, il s'agit d'analyser la solution actuelle (voir document réponse DR10) et de proposer une modification afin de résoudre ce problème.

### **Répondre sur le document réponse DR10**

#### **Question 2.3.1**

Analyse de la solution existante.

Sur la vue en coupe et sur la vue en perspective :

- colorier en bleu les surfaces fonctionnelles permettant la mise en position de (13) par rapport à (9).
- colorier en vert les éléments permettant le maintien en position.

#### **Question 2.3.2**

Modification de la solution existante.

Proposer, à l'aide d'une représentation graphique à main levée (2D ou 3D au choix), une solution permettant d'éviter le glissement entre (13) et (9).

Des modifications de formes ainsi que l'ajout d'éléments sont envisageables. Toutefois, la solution retenue devra rester démontable.