

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR  
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS  
SESSION 2021**

**Épreuve E4 – Étude préliminaire de produit  
Unité U42 – Conception préliminaire**

**DOSSIER TRAVAIL**

---

**DIVAN iQUEST**

Ce dossier comporte 13 pages dont 1 page de garde.

Temps conseillé :

Lecture :	30 minutes
Partie 1 :	55 minutes
Partie 2 :	70 minutes
Partie 3 :	50 minutes
Partie 4 :	35 minutes
Partie 5 :	50 minutes
Partie 6 :	70 minutes

## Partie 1 : Validation de l'architecture cinématique

**Objectif 1 : Analyser les paramètres des positions d'usage du divan et les manœuvres associées des vérins**

Question 1	Sur le DR1, compléter pour chaque position d'usage, les valeurs des paramètres de hauteur d'assise $h$ et d'angle de dossier $\alpha$ .
DR1 DT1, DT2, id 1.2.1.1	

Question 2	En suivant l'exemple d'interprétation de l'ordre de manœuvre fourni, compléter le diagramme du DR1 avec l'ordre de manœuvre des différents vérins entre chaque position.
DR1 DT1, DT2, id 1.2.1.1	

**Objectif 2 : Schématiser la cinématique principale du divan**

Le DT3 présente l'avant projet de conception du divan.

Question 3	Sur le DR2, compléter le graphe des liaisons et le schéma cinématique correspondant à l'avant projet.
DR2 DT1, DT3	

Question 4	Dans l'encadré du DR2, préciser la ou les éventuelles contraintes géométriques permettant une simulation correcte du mécanisme.
DR2 DT1, DT3	

**Objectif 3 : Déterminer la course des vérins entre les positions basse et haute**

Le DR3 présente le divan iQuest avec la position des différents points caractéristiques en position basse.

Question 5	Sur le DR3, tracer la position I' atteinte en position haute du divan.
DR3	

Question 6	Sur le DR3, tracer la position G' atteinte en position haute du divan.
DR3	

*Données :*

- En position basse, l'entraxe des vérins de tête et de pied est de  $FG = BA = 403 \text{ mm}$ .

Question 7	Dans l'encadré approprié du DR3, mesurer l'entraxe $FG'$ du vérin de tête en position haute et en déduire la course du vérin.
DR3	

*Données :*

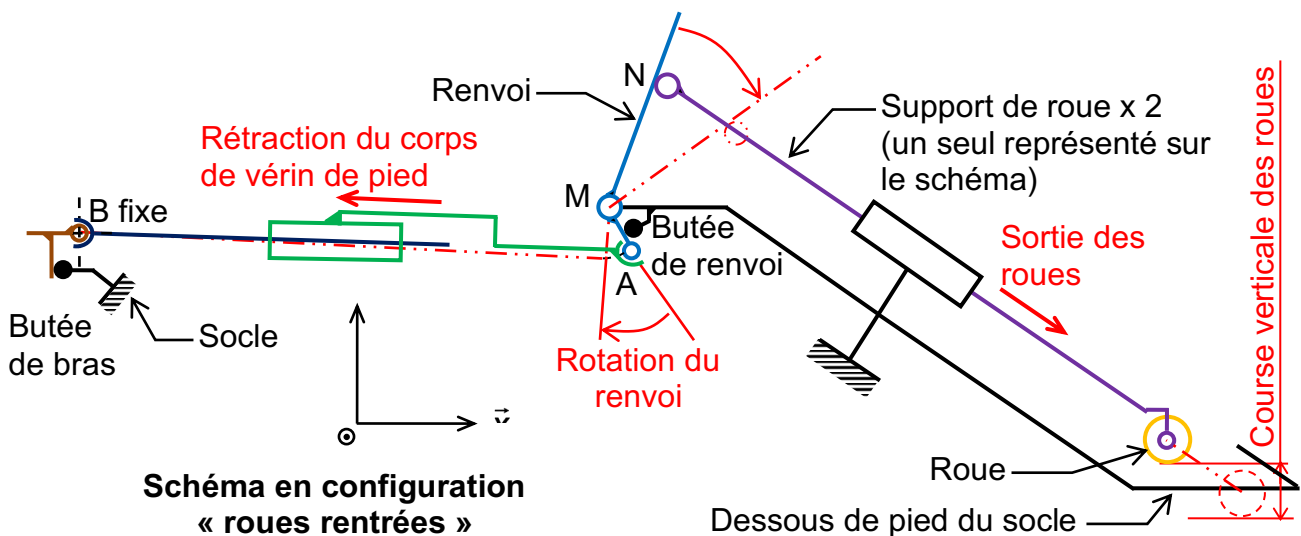
- La course du vérin de pied est estimée à  $157 \text{ mm}$ .

Question 8	Comparer la course des deux vérins
DR3	

## Partie 2 : Conception du dispositif de sortie/rétraction des roues

Pour répondre à l'exigence de mobilité dans la salle d'examen (voir DT2, exigence 1.1.4), un dispositif de sortie/rétraction de roues intégrées à l'intérieur des pieds du socle est proposé en utilisant les vérins déjà existants.

On donne le schéma cinématique du dispositif ramené dans le plan moyen ( $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$ ) du divan. Ce schéma est associé au dispositif des roues de tête de divan qui seront actionnées par le vérin de pied. Le dispositif de l'autre côté du divan est similaire.



*Description du dispositif et de son fonctionnement :*

Un renvoi est inséré entre socle et le corps de vérin de pied :

- Le renvoi est en liaison pivot d'axe  $(M, \bar{z})$  avec le socle ;
- Le contact en  $N$  entre le renvoi et le support de roue est bilatéral ;
- Le corps de vérin est en liaison rotule de centre  $A$  avec le renvoi.

Dans chacun des deux pieds de socle, un support de roues est implanté.

Dans la phase d'élévation du divan, le point  $A$  restera fixe par le biais d'une butée entre renvoi et socle.

En phase de descente du divan, une fois la position basse atteinte, la tête de la tige de vérin en  $B$  sera bloquée par une butée basse mis en place entre bras d'élévation et socle.

A la commande de sortie des roues, la rétraction du corps de vérin vers le point  $B$  fixe entraîne la sortie des roues.

### Objectif 1 : Analyser l'architecture cinématique envisagée

On recherche les exigences éventuelles du mécanisme de sortie/rétraction par la qualification de son degré d'hyperstatisme.

*Rappel :*

Formule du degré d'hyperstatisme  $h = m + \sum N_s - 6(N - 1)$

avec :

$m$  : nombre de mobilités indépendantes du mécanisme (internes et utiles) ;

$\sum N_s$  : somme des inconnues statiques des liaisons du mécanisme ;

$N$  : nombre de classe d'équivalence cinématique du mécanisme.

Question 9	Sur feuille de copie, en considérant les deux supports de roue, calculer le degré d'hyperstatisme $h$ du mécanisme en phase de sortie des roues et avant contact avec le sol.
Feuille de copie	

Question 10	Sur feuille de copie, préciser les particularités géométriques à garantir sur les pièces du mécanisme au regard du degré $h$ obtenu.
Feuille de copie	

## Objectif 2 : Réaliser la conception préliminaire du mécanisme

Le DR4 représente la conception préliminaire du mécanisme de sortie/rétraction des roues.

*Données et choix de conception :*

- La course verticale souhaitée de sortie de chaque roue est de  $c = 20$  mm.
- La liaison ponctuelle entre le renvoi et chaque support de roue sera réalisée par un contact direct cylindre-plan de ligne de contact courte ;
- Pour éviter les risques de rayures et en raison du jeu mal maîtrisé, la liaison glissière entre les supports de roue et le socle sera réalisé par interposition d'éléments de frottement plan de type plaque Iglidur® J collés.

### Plaque Iglidur® J



Epaisseurs disponibles : 2 à 6 mm (tous les mm)  
Faible coefficient de frottement à sec  
Faible usure contre de nombreux matériaux

Question 11	Sur le DR4, Esquisser la roue en position sortie et en déduire la course du support de roue par rapport au socle.
DR4	

Question 12	Sur le DR4, compléter le croquis d'implantation de la solution constructive de la liaison entre le renvoi et le support de roue. Légender votre croquis avec les indications fonctionnelles nécessaires (jeux, serrages, mode d'assemblage...) et ajouter les vues que vous jugerez nécessaires.
DR4	

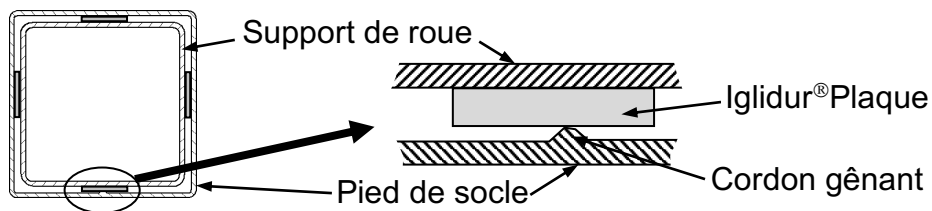
Question 13	Sur le DR4, similairement à la question précédente, compléter le croquis d'implantation de la solution constructive de la liaison entre le support de roue et le socle.
DR4	

### Objectif 3 : Optimiser la solution constructive de liaison glissière

#### Version initiale

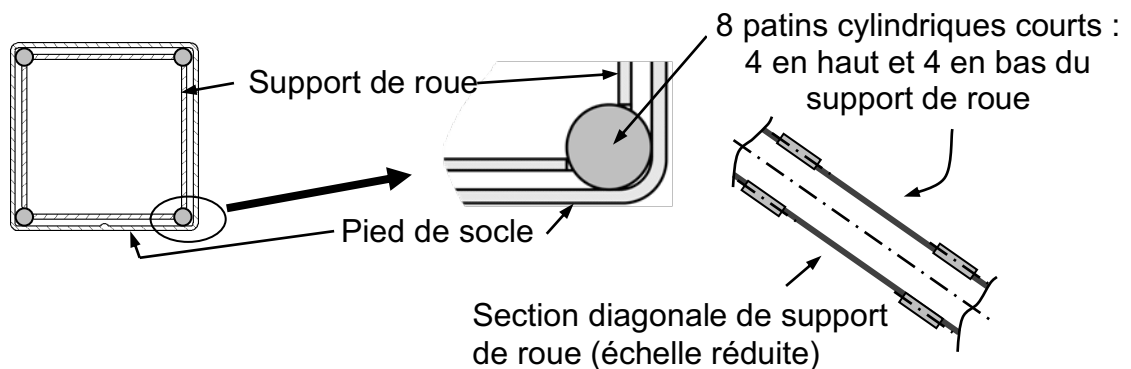
Pour valider la solution initiale de liaison glissière entre socle et support de roue, un prototype est réalisé pour tester l'implantation de plaques Iglidur® collées sur les supports de roues.

Comme les pieds de socle sont envisagés en tôle pliée soudée, le cordon de soudure gêne l'implantation des plaques et l'état de surface ne facilite pas l'opération de collage.



#### Nouvelle version

La méthode de créativité ASIT permet de faire évoluer la solution constructive vers un guidage par des patins cylindriques courts positionnés en contacts linéiques dans les angles du profil de support de roue comme illustré ci-dessous :



Une présentation sommaire de la méthode ASIT et un exemple sont fournis sur le DT4.

Question 14	Sur feuille de copie, lister les « objets du monde du problème ».
Feuille de copie DT4	
Question 15	Sur feuille de copie, reformuler le problème rencontré avec la solution initiale d'interposition d'éléments plaque Iglidur®.
Feuille de copie DT4	
Question 16	Sur feuille de copie, justifier en quoi les deux principes de la méthode sont respectés.
Feuille de copie DT4	
Question 17	Sur feuille de copie, lister quels outils, parmi les cinq disponibles, ont pu être mobilisés pour évoluer vers la nouvelle version. Justifier brièvement votre réponse pour chaque outil.
Feuille de copie DT4	

## Partie 3 : Dimensionnement de l'actionneur d'élévation

### Objectif 1 : Choisir une référence de vérin adaptée au cahier des charges

Le bureau d'étude propose d'utiliser le modèle de vérin électrique TA24 de chez TiMotion susceptible de mieux répondre aux nouvelles exigences du cahier des charges.

Question 18	Sur feuille de copie, parmi tous les cas de chargement, déterminer : – l'effort maximal $F_t$ supporté par le vérin de tête ; – l'effort maximal $F_p$ supporté par le vérin de pied.
Feuille de copie DT5	

Par soucis de standardisation, on retient l'effort maximal relevé parmi les deux vérins.

Question 19	Sur feuille de copie, fournir le code de capacité de charge du vérin TA24 à retenir.
Feuille de copie DT6, folio 1/5	

Données :

- On considère que le vérin de pied fournit durant une manœuvre d'élévation un effort moyen de 8 000 N.
- La course de manœuvre d'élévation de chaque vérin est de 157 mm.

Question 20	Sur feuille de copie, en considérant une élévation à vitesse uniforme, calculer la durée d'élévation entre position basse et haute pour le vérin de pied.
Feuille de copie DT6, folio 2/5	

Question 21	Sur feuille de copie, valider si la durée d'élévation du vérin de pied est conforme aux attentes du cahier des charges.
Feuille de copie DT2, id 1.1.1	

Donnée :

- La différence de durée de manœuvre d'élévation entre les deux vérins peut atteindre 10 s selon le cas de chargement.

Question 22	Sur feuille de copie, décrire l'inconvénient résultant de la différence de vitesse des deux vérins lors de la manœuvre d'élévation. Proposer une option du vérin permettant de remédier au problème tout en limitant l'encombrement d'implantation. Justifier votre réponse.
Feuille de copie DT6, folio 4/5	

*Données :*

- Dans l'avant projet, l'entraxe envisagé pour l'implantation des vérins est de 390 mm.
- La course totale utile de chaque vérin est de 170 mm (manœuvre d'élévation + sortie des roues).
- Les choix du bureau d'études sont les suivants :
  - les accessoires de fixation du vérin sont en arrière de type C et en avant de type 1 (voir DT6, folio 3/5) ;
  - il disposera de contacts de fin de course ;
  - il sera alimenté en 24 V DC et devra respecter les exigences de protection contre les risques électriques imposé par le cahier des charges (voir DT2).

Question 23	Sur feuille de copie, fournir :
<i>Feuille de copie</i> DT6, folio 4/5	– la valeur A nécessaire à la recherche de la longueur rétractée du vérin. – la valeur B en vous basant sur la course utile.

Question 24	Sur feuille de copie, en déduire la longueur rétractée mini et valider l'entraxe d'implantation envisagé.
<i>Feuille de copie</i> DT6, folio 4/5	

Question 25	Sur feuille de copie, en suivant l'exemple fourni sur le DT6, folio 5/5, donner la désignation complète du vérin TiMotion TA24 pour qu'il puisse se monter dans l'entraxe envisagé.
<i>Feuille de copie</i> DT2, id 1.6.2 DT6	

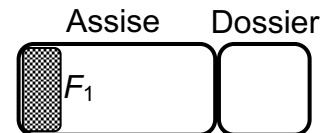
## Partie 4 : Prise en compte des exigences normatives

### Objectif 1 : Analyser les conditions de non-basculement

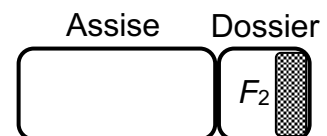
*Hypothèses :*

La norme EN 60601-1 impose de vérifier le non-basculement du divan dans des conditions de charges spécifiques. Le bureau d'études examine les deux cas de risque de basculement dans le plan longitudinal (autour de la direction  $\vec{Z}$ ) présentés sur le DR5 :

– Cas d'étude 1 : charge  $\vec{F}_1$  de norme  $F_1 = 2\,500\text{ N}$  répartie sur une bande de 250 mm de large au pied de l'assise en position haute ;



– Cas d'étude 2 : charge  $\vec{F}_2$  de norme  $F_2 = 1\,100\text{ N}$  répartie sur une bande de 200 mm de large au bout du dossier en position de déport extérieur maxi du dossier.



Les points d'appuis au sol sont imposés par les choix de design. On estime la position du centre de gravité du divan au regard de l'homogénéité moyenne des matériaux utilisés.

Question 26	Sur le DR5, préciser pour chacun des cas autour de quel point il y a risque de basculement du divan.
DR5	

*Hypothèse :*

On note  $P = \|\vec{P}\|$  la norme du poids du divan.

Question 27	Sur le DR5, pour chaque cas, appliquer une équation du principe de la statique pour calculer le poids minimum $P_{\min}$ à la limite du basculement.
DR5	

*Données :*

- masse  $m$  cible envisagée pour le divan :  $90\text{ kg} < m < 125\text{ kg}$  maxi.

Question 28	Sur le DR5, conclure sur les risques de non-basculement.
DR5	

### Objectif 2 : Analyser les risques de piégeage

Le DT7 présente un extrait de la norme EN 60601-1 sur les dangers associés aux zones de piégeage.

Question 29	Sur feuille de copie, en utilisant la figure du divan en position basse du DR3, mesurer les espaces minimums : – $a_1$ entre le dessous de l'assise et le haut du socle ; – $a_2$ entre le sol et les bras d'élévation.
Feuille de copie	
mesure sur DR3 DT7	

Question 30	Sur feuille de copie, analyser les risques d'un danger mécanique lorsque le divan atteint la position basse.
<i>Feuille de copie</i> DT7	

Le bureau d'études envisage d'intégrer dans l'assise et le bras d'élévation des capteurs de présence activés par des tôles « flottantes ».

En cas de piégeage, le déclenchement de ces capteurs stopperait les vérins.

Question 31	Sur feuille de copie, indiquer si cette mesure de protection répond à elle seule aux exigences de la norme et le cas échéant préciser le dispositif complémentaire à mettre en place.
<i>Feuille de copie</i> DT7	

## Partie 5 : Conception des paliers de dossier

### Objectif 1 : Déterminer l'effort transmissible $\vec{F}_p$ dans les paliers de dossier

#### Hypothèses :

- Le DR6 présente le dossier en équilibre statique plan sous une charge  $\vec{F}_d$  de norme 1 000 N centrée sur le dossier en Q<sub>1</sub>.
- Le vérin de dossier est bi-rotulé entre l'assise et le dossier en K et L.
- Le poids du dossier est négligé devant les autres actions mécaniques.

Question 32	Sur le DR6, compléter le tableau de bilan des actions mécaniques extérieures s'appliquant sur le dossier. Justifier le support de l'action du vérin sur le dossier.
DR6	

Question 33	Sur le DR6, tracer et identifier les supports des actions mécaniques listées dans le bilan précédent. Justifier le support de l'action de l'assise sur le dossier.
DR6	

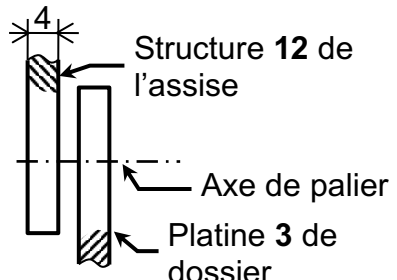
Question 34	Sur le DR6, déterminer graphiquement toutes les actions mécaniques inconnues et indiquer la norme de l'action de l'assise sur le dossier.
DR6	

### Objectif 2 : Dimensionner les paliers

#### Hypothèses :

- On considère un effort transmissible de 2 200 N pour chaque palier constitué d'un coussinet à collerette autolubrifiant de documentation constructeur fournie en DT8.
- Les conditions de mouvement sont quasi statiques (fréquence de rotation  $n$  très faible).
- Les diamètres d'axe d'articulation envisageables sont compris entre  $d = 8$  et  $d = 12$  mm.

Question 35	Sur feuille de copie, calculer les dimensions d'un coussinet à collerette adaptée à l'aide de la méthode du constructeur. Proposer une désignation de coussinet adaptée.
Feuille de copie DT8	

Question 36	Sur feuille de copie, selon la vue en coupe ci-contre, réaliser un croquis de principe (sans échelle) d'implantation d'un palier entre le dossier et l'assise.	
Feuille de copie DT3, DT8		

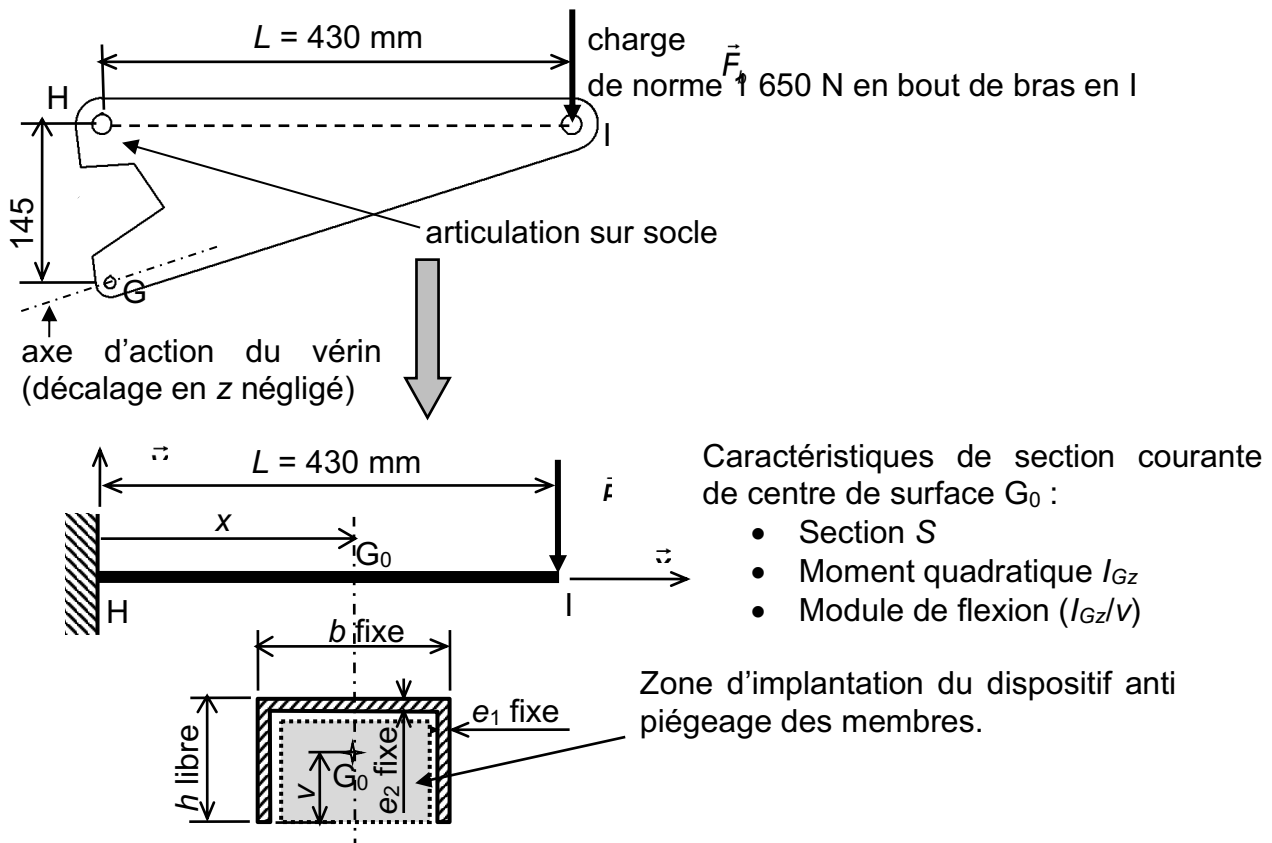
Question 37	Sur feuille de copie, légender votre croquis avec les ajustements de montage et les conditions de fonctionnement préconisées.
Feuille de copie DT8	

## Partie 6 : Conception du bras d'élévation

Le bras d'élévation est envisagé sous la forme d'une pièce de section en U inversé de hauteur variable. L'intérieur du U est destiné à recevoir le dispositif anti-piégeage des membres (voir Partie 4).

Hypothèse :

- Dans une première approche, le bras est modélisé par une poutre sollicitée en flexion plane simple.



### Objectif 1 : Rechercher un matériau pour le bras

On recherche le meilleur compromis rigidité - coût matériau pour la pièce sollicitée en flexion.

Question 38	Sur le DR7, déterminer l'astreinte de conception appropriée et donner l'expression de l'indice de performance à retenir. Indiquer comment faire intervenir le prix volumique dans cet indice.
DR7	
DT9	
Question 39	Sur le DR7, tracer une droite d'indice de performance passant par les trois familles de matériau les plus appropriées. Entourer les noms de ces trois familles.
DR7	
DT9	

## Objectif 2 : Envisager un procédé économique

Données :

- On envisage deux procédés dont on fournit les estimations technico-économiques :
  - Procédé **P1** : Construction mécano-soudée en S235
    - Coût étude + équipement spécifique : 7 250 € ;
    - Coût unitaire (matière, sous-traitance découpe, main d'œuvre) : 36 €/bras.
  - Procédé **P2** : Construction moulée en EN GJS 500-7
    - Coût étude + équipement moule en sous-traitance : 39 700 € ;
    - Coût unitaire (moulage, reprise d'usinage, main d'œuvre) : 25,5 €/bras.

Question 40	Sur feuille de copie, exprimer les coûts en € $C_1(n)$ et $C_2(n)$ respectivement des procédés <b>P1</b> et <b>P2</b> en fonction du nombre $n$ de bras à réaliser.
Feuille de copie	

Question 41	Sur feuille de copie, déterminer le nombre $n$ de bras à partir duquel le procédé <b>P2</b> devient plus économique que le procédé <b>P1</b> .
Feuille de copie	

Données :

- Avant d'engager une série à long terme, la prévision de vente annuelle est de 1 200 divans ;
- Les bras d'élévation de pied et de tête sont identiques.

Question 42	Sur feuille de copie, justifier clairement le choix final d'une solution mécano soudée pour une rentabilité dès la première année.
Feuille de copie	

## Objectif 3 : Pré dimensionner le bras en théorie des poutres

Données :

- Le matériau retenu par le bureau d'étude est l'acier S235 de limite élastique  $R_e = 235$  MPa.
- Selon le DT2, id 1.6.3, le coefficient de sécurité imposé en statique vis à vis de la limite élastique est  $CS = 3$ .
- On considère dans un premier temps le bras en modèle « poutre ».

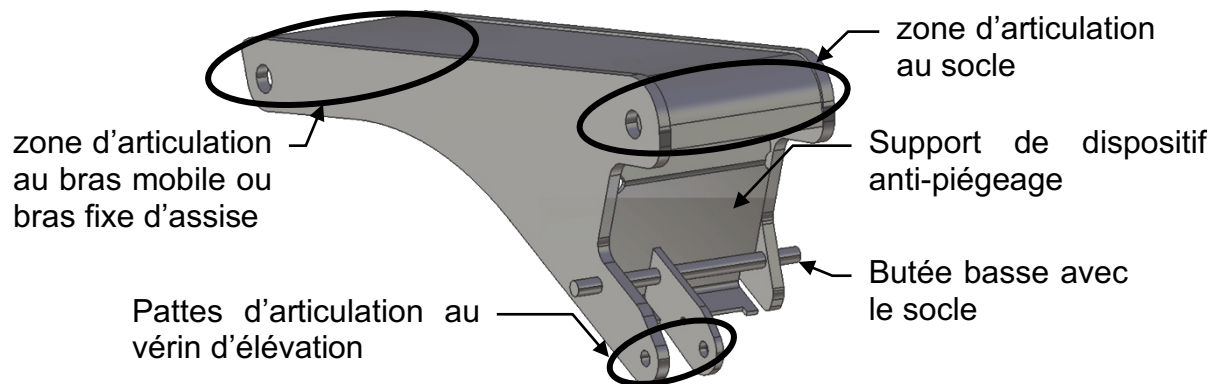
Question 43	Sur feuille de copie, donner les arguments en faveur ou non du choix du modèle « poutre » retenu.
Feuille de copie	

Question 44	Sur feuille de copie, calculer le moment de flexion maximale $M_{fz\ max}$ au niveau de l'encastrement du bras.
Feuille de copie	

Question 45	Sur feuille de copie, calculer le module de flexion minimal $(I_{Gz}/v)_{\min}$ en $\text{mm}^3$ de la section au niveau de l'encastrement du bras afin de satisfaire à la condition de résistance vis à vis de la limite élastique.
Feuille de copie DT2, id 1.6.3	

#### Objectif 4 : Etudier le bras en calcul de structure

Suite au modèle poutre, on propose une modélisation 3D du bras intégrant les liaisons, butée et permettant d'implanter le dispositif anti-piégeage.



Modèle 3D monobloc sans modélisation des soudures

Cette forme de bras est soumise à un calcul de structure par la méthode des éléments finis dont les résultats en contraintes de Von Mises sont fournis sur le DR8.

Question 46 DR8	Sur le DR8, donner la contrainte maximale de Von Mises $\sigma_{VM \max}$ dans le bras.
Question 47 DR8	Sur le DR8, calculer le coefficient de sécurité effectif $CS_{ef}$ obtenu et conclure vis à vis des exigences du cahier des charges.
Question 48 DR8	Proposer des modifications envisageables du bras à prendre en compte dans la phase de conception détaillée (légender si besoin la figure du DR8). Préciser quelle serait la démarche pour valider ces modifications.