

PARTIE 1**Questionnement général sur la cinématique d'une portière****Cinématique d'une portière : constat, comparaison.**

On s'aperçoit que sur la plupart des véhicules automobiles de grande série, deux solutions de cinématique de portière prédominent :

- 1 rotation autour d'un axe fixe
- 2 translation circulaire (exemple : porte de bus)

Question 1 :

Parmi les 6 avantages ci-dessous, indiquer celui qui caractérise le mieux chacune des deux solutions précédentes

(Réponse sur feuille de copie)

- ergonomie de manipulation
- faible encombrement déployé
- bonne accessibilité au véhicule
- verrouillage techniquement aisé
- simplicité & coût minimal
- esthétique induite

PARTIE 2**Cinématique en élitre, recherche de solutions**

Examiner particulièrement les documents techniques DT1 à DT6

a - Analyse et tracé de trajectoires

(travail sur document réponse DR1)

Sur le DR1 on vous procure le schéma cinématique complet d'une solution de cinématique en élitre .

On considère un repère fixe (châssis(0)) xyz

La portière (2) est initialement en position « **fermée** » (fig.1) , et va rejoindre une position « **dégagée** » en opérant un angle de +15 degrés autour de l'axe O_1z : (position X1, Y1, fig.1).

Question 2 :

Sur la figure 1 du DR1, tracer la trajectoire associée au point E, appartenant à la portière (2) par rapport au châssis (0).
La position finale de E sera notée E'.

La figure 2 correspond à la vue suivant F normale au plan (z, x1).

La portière est initialement en position « **dégagée** », et va rejoindre une position « **ouverte** » en opérant un angle de -45 degrés autour de l'axe O_2y_1 : (position X2, Z2, fig2).

Question 3 :

Sur la figure 2 du DR1, tracer la trajectoire associée au point E', appartenant à la portière (2) dans son mouvement par rapport au châssis (0).
La position finale de E' sera notée E''.

Question 4 :

Sur la figure en perspective du DR2 :

Esquissez sommairement la trajectoire du point $E \rightarrow E' \rightarrow E''$ issue de la question précédente, point E appartenant à la portière (2) par rapport au châssis (0). – couleur bleue –

Esquissez sommairement la position finale de la portière avec le mécanisme et ses 2 liaisons pivot

b - Analyse et proposition de mécanismes

On se propose d'étudier deux nouvelles cinématiques indépendantes de la précédente.

Sur le DR3 on vous procure le schéma correspondant à :

La portière en position « **fermée** »

La portière en position « **dégagée** »

La portière en position « **ouverte** »

Les trajectoires $E \rightarrow E' \rightarrow E''$; du point E appartenant à la portière (2) dans son mouvement par rapport au châssis (0), au cours des 2 mouvements (E-E'droite, E'-E''arc de cercle).

Question 5 :

Sur la figure en perspective du DR3 :

Proposer et tracer une solution de mécanisme en employant la représentation normalisée du schéma cinématique.

Votre solution générera la trajectoire du point $E \rightarrow E' \rightarrow E''$ indiquée.

Sur le DR4 on vous procure le schéma correspondant à :

La portière en position « **fermée** »

La portière en position « **ouverte** »

La trajectoire (hélicoïdale d'axe y) $E \rightarrow E''$ d'un point E appartenant à la portière (2) dans son mouvement par rapport au châssis (0)

Question 6 :

Sur la figure en perspective du DR4 :

Proposer et tracer une solution de mécanisme en employant la représentation normalisée du schéma cinématique.

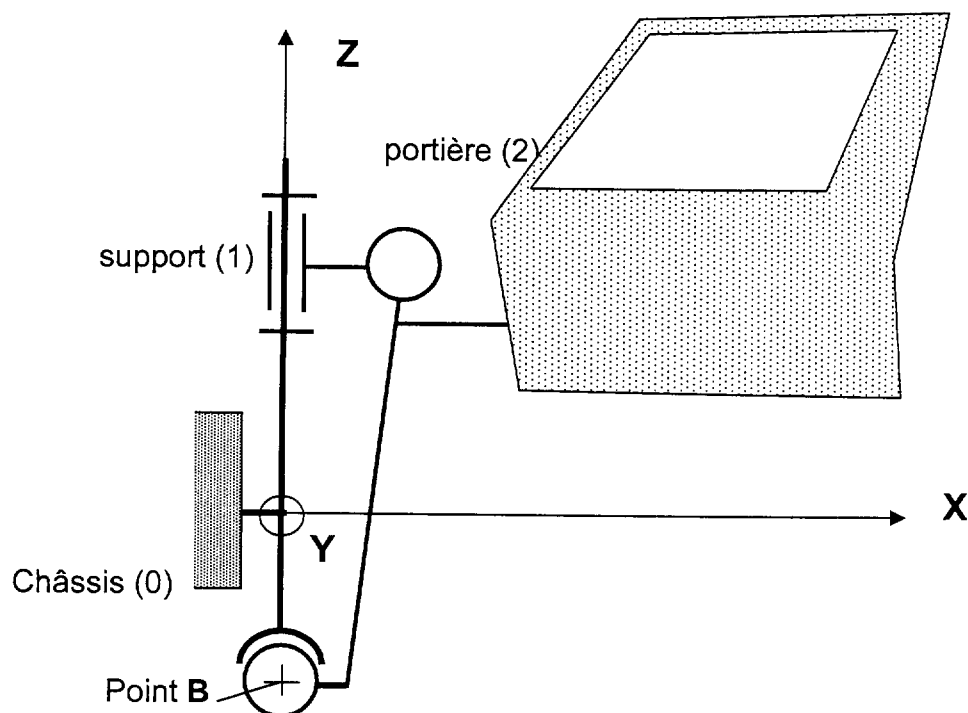
Votre solution générera la trajectoire du point $E \rightarrow E''$ indiquée.

PARTIE 3**Définition cinématique du mécanisme**

Examiner particulièrement les

documents techniques DT3 à DT6c

Sur la base des documents techniques indiqués, on considère le schéma cinématique suivant :

**a - Calcul de l'hyperstatisme**

Pour la phase de dégagement : rotation suivant z (rotation suivant y bloquée par rotule de centre B)

rappel : h est le *degré d'hyperstatisme* d'un système.

Question 7 :

Démontrer, en calculant h , que le système présenté ci-dessus est hyperstatique.

(Réponse sur feuille de copie)

Question 8 :

Remplacer la liaison rotule 2/0 par une liaison à proposer, qui rende le système isostatique.

Justifier votre réponse en recalculant h , avec la nouvelle liaison.

(Réponse sur feuille de copie)

Question 9 :

Comparer votre solution trouvée à la question 8 avec la solution constructeur (liaison rotule) en terme de pression superficielle.

Quelle est la conséquence d'une pression superficielle trop élevée entre deux éléments d'une liaison ?

(Réponse sur feuille de copie)

PARTIE 4**Recherche de critères géométriques**

La définition industrielle du système avec rotule est décidée, malgré son hyperstaticité : la fabrication respectera des critères géométriques précis.

(analogie simple avec l'exemple suivant :

- table à 3 pieds => pas de critères géométriques
- table à 4 pieds => exigence géométrique : 4 pieds coplanaires, ou un pied élastique)

(travail sur documents réponse DR5, DR6)

Sur le DR5, on vous procure le mécanisme schématisé avec le « défaut géométrique » suivant :

- centre rotule B non coïncidant avec l'axe z

soit distance $OB = a$ (défaut géométrique de positionnement)

Question 10 :

Sur les 2 vues du DR5 :

Pour une rotation / axe z de 15° du mécanisme

- tracer la trajectoire du point C (CC') appartenant à (2) dans son mouvement par rapport à (0)
- tracer le segment BC, en position « **fermée** »
- tracer ce segment, en position « **dégagée** » : BC'

Question 11 : (Réponse sur DR5)

En constatant que BC est en vraie grandeur position « **fermée** » vue xz, comparer la distance BC' à BC .

Donner votre conclusion quant au fonctionnement de ce mécanisme.

Question 12 : (Réponse sur DR6)

On considère à présent le mécanisme sans défaut géométrique : ($a = 0$)

- refaire le même travail de tracé
- comparer BC' à BC, et donner votre conclusion quant au fonctionnement de ce mécanisme.

PARTIE 5**Etude de la phase fermeture**

A présent, on s'intéresse uniquement à la phase « basculement en fermeture » de la portière.

La phase « basculement en ouverture » est, quant à elle, assistée par un vérin à gaz – sans intervention utile de l'utilisateur.

a - Etude ergonomique préalable

Le rapport véhicule – utilisateur implique souvent la réalisation d'une étude ergonomique, pour répondre au mieux aux exigences de confort et d'usage. Dans notre cas, l'ergonomie est axée sur la manipulation de la portière, en particulier dans la phase « basculement en fermeture » - l'utilisateur étant assis dans le véhicule.

On souhaite ici préalablement établir des données ergonomiques, exploitables par la suite pour cette phase.

Examiner :

Le document technique DT7

il explique la posture considérée de l'utilisateur, et les conditions de relevé de données ergonomiques

Le document technique DT8

il visualise graphiquement les relevés : points de coordonnées (altitude Z, effort fourni) et 3 courbes lissées qu'on souhaiterait exploiter ensuite.

Question 13 :

Donner les coordonnées du point le plus extrême en terme d'effort fourni (maxi).

Pensez-vous qu'on puisse utiliser ce point dans le cadre de l'étude, pourquoi ?

(Réponse sur feuille de copie)

Question 14 :

Des 3 courbes lissées (C1,C2,C3) indiquer la plus intéressante à exploiter dans le cadre de l'étude, pourquoi ?

(Réponse sur feuille de copie)

b - Simulation de la fermeture en basculement de la portière à l'aide d'un logiciel de calcul.

Hypothèses : voir document DR 7

*On considérera que le problème est plan. L'étude se fera dans le plan $[X1, Z]$.
Le poids $P2$ de la portière (2) est de 250N.
Le centre de gravité de la portière (2) est le point G.
L'utilisateur exercera un effort sur la portière (2) de type force dont la résultante \vec{R} sera verticale et appliquée au point M.*

L'action de la tige de vérin à gaz (3) sur la portière (2) sera modélisée par un effort F de type force dont l'intensité ne sera pas constante au cours du basculement de la porte.

Cet effort F sera simulé par une force d'intensité variable ($F = F_{\max} - a \cdot X$)

F_{\max} : effort tige rentrée ;

a : pente de la variation ;

X déplacement de la tige par rapport au corps

Par exemple : $F = 3000 - 5 \cdot X$

Les résultats donnés par le logiciel de calcul sont traduits par les courbes du document DR 8 .

Ce document représente l'intensité R de l'effort exercé par l'utilisateur sur la portière (2) en fonction du déplacement Dz (Dz : déplacement vertical du point M ε portière (2) / châssis(0)) .

Les courbes ' résultat ' sont données pour chacune des simulations :

$F = 3000$

$F = 3000 - 5 \cdot X$

etc ... correspondant à l'effort exercé par la tige (3) sur la portière (2).

Vérification de la cohérence des résultats :

Nous allons procéder à un vérification manuelle des résultats pour une position déterminée (porte en position basse,) et pour la simulation correspondant à $F=3000N$

Question 15 :

Pour la simulation $F=3000N$, donner la valeur de R correspondant au déplacement $Dz= 0$

(Réponse sur feuille de copie)

Question 16 :

A l'aide du document DR 7 et par la méthode de votre choix , calculer approximativement l'intensité de R (intensité de l'effort exercé par l'utilisateur sur la porte en position basse, correspondant à $F=3000N$).

Nota : pour le calcul, relever les dimensions nécessaires sur DR7

Réponse sur feuille de copie, en expliquant rigoureusement votre méthode.

Question17 :

Comparer les deux résultats précédents. Conclure quant à la cohérence des résultats.

c - Choix d' un vérin à gaz

NB, une première étude (phase « basculement en ouverture ») a déjà déterminé les caractéristiques effort et course du vérin, pour assurer l'ouverture automatique de la portière et son maintien en position ouverte.

Il s'agit maintenant de déterminer si ces caractéristiques sont compatibles avec une ouverture aisée de la portière par l'utilisateur ; compte tenu des données ergonomiques retenues.

L'étude ergonomique Partie 5-(a) avait permis de déterminer l'effort maximal admissible par un utilisateur standard, pour fermer la porte en fonction de la position verticale de sa main .

Cet effort est représenté sur le document DR 8 par la courbe R_{max} .

La norme prévoit que si l'utilisateur libère la porte dans n'importe quelle position, celle-ci doit s'ouvrir automatiquement et qu'un effort minimal R_{min} de 15 N doit être exercé pour la refermer .

Question 18 :

Représenter sur le document DR 8 la courbe R_{min} .

Question 19 :

Parmi les simulations $F=3000$, $F=3000-10*X$, etc ... en existe-t-il une compatible avec la courbe R_{max} et la courbe R_{min} ? Pourquoi ?

(Réponse sur feuille de copie)

Question 20 :

En remarquant que les deux courbes $F=3000N$ et $F=3200 N$ sont quasi parallèles, (décalage vertical des courbes)
(cette simulation correspond à un même vérin, avec une pression interne différente – voir doc DT 9)
tracer la courbe $F=2800-10*X$ sur DR 8

Question 21 :

La courbe $F=2800-10*x$ est-elle compatible avec la courbe R_{max} ?
En vous aidant de la méthode de décalage de courbe de la question 20, trouver une courbe $F=F_{max}-10*X$ qui soit à la fois compatible avec la courbe R_{max} et avec la courbe R_{min} .

(Réponse sur feuille de copie)

puis tracer cette courbe sur le document DR 8

Question 22 :

La courbe que vous venez de tracer correspond-elle à un vérin à gaz avec une pression interne plus faible ou plus grande que celui correspondant à la courbe $F=3000-10*X$?

(Réponse sur feuille de copie)

PARTIE 6**Etude de résistance des matériaux****Etude de la résistance du châssis mobile**

Visualiser le composant **châssis mobile(rep.11)** du mécanisme étudié, sur les documents DT 4 -5-10

La portière (2) est fixée sur le châssis mobile (11) à l'aide de 2 boulons aux points A et B.

(point définis sur DT 10)

Le support mobile (11) est donc soumis aux efforts extérieurs suivants :

L'action de la portière et du boulon au point A

L'action de la portière et du boulon au point B

L'action de la tige de vérin (3) : $R3/11$

L'action du châssis (0) $R0/11$

On désire procéder à une vérification de la résistance du support à l'aide d'un logiciel de calcul par éléments finis.

Un calcul en statique a permis de quantifier $R3/11$ et $R0/11$ (résultats de la simulation du calcul précédent).

L'action de la portière et du boulon au point A sera simulée par une liaison encastrement sur le trou de passage du boulon.

L'action de la portière et du boulon au point B sera simulée par une liaison encastrement sur le trou de passage du boulon.

Les résultats apparaissent sous forme d'un affichage de la valeur des contraintes de Von Mises, sur la peau de la pièce (voir document DT 11).

Vérification de la cohérence des résultats

Afin de vérifier que les résultats sont cohérents, nous allons procéder à un calcul manuel approximatif sur la section S (section A-A, document DT 10).

Hypothèses simplifiées pour le calcul manuel :

La section S (section en L) sera simplifiée par une section rectangulaire de 30mm x 7 mm.

L'action de la portière et du boulon au point A sera modélisée par la résultante

$$\vec{Ra2/11}$$

L'action de la portière et du boulon au point B sera modélisée par la résultante

$$\vec{Rb2/11}$$

Avec $\vec{Rb2/11} = -400 \vec{x} - 150 \vec{z}$ (N)

(Réponses sur feuille de copie)

Question 23 :

Calculer approximativement le torseur de cohésion au point G (centre de gravité) de la section S simplifiée.

Question 24 :

A partir du torseur de cohésion calculé, donner le type de sollicitation auquel est soumis le châssis mobile 11 dans la section S.

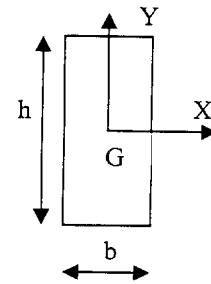
Question 25 :

Calculer approximativement la contrainte normale maximale σ_{maxi} dans la section S

Nota : $\sigma_{traction} = N/S$ (N : effort normal ; S : section)

$\sigma_{maxi flexion} = (Mf/ I_{gz}) * Y_{max}$ (Mf moment fléchissant; Y max: distance maxi à la fibre neutre; I_{gz}: voir ci dessous).

Nota : pour une section rectangulaire pleine $I_{gz} = bh^3/12$



Question 26 :

En prenant comme hypothèse que les contraintes tangentielles τ (cisaillement) sont négligeables devant les contraintes normales, calculer la contrainte de Von Mises maxi dans la section S.

Nota :

$$\sigma_v = \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)}$$

σ_v : contrainte de Von Mises au point considéré

σ : contrainte normale au point considéré

τ : contrainte tangentielle au point considéré

Question 27 :

Comparer σ_v calculé avec σ_v relevé sur le document DT 11.
Expliquer la différence.

Les résultats sont-ils malgré tout cohérents ?

Question 28 :

Dans la zone proche de la section S, on constate des concentrations de contrainte pouvant atteindre une valeur $\sigma_v = 1.2 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$

Comment pourrait on modifier localement la pièce afin de diminuer ces contraintes, tout en gardant les mêmes dimensions géométriques de la section ?
