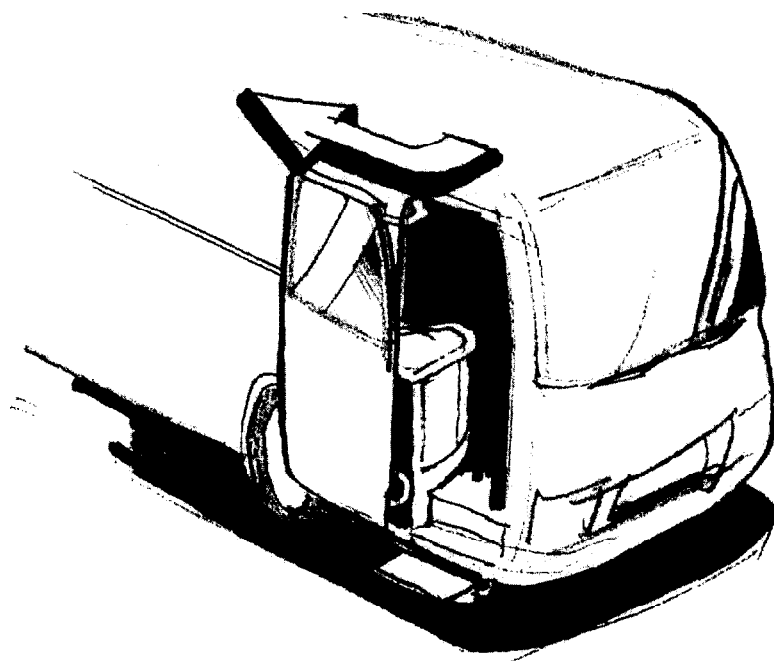
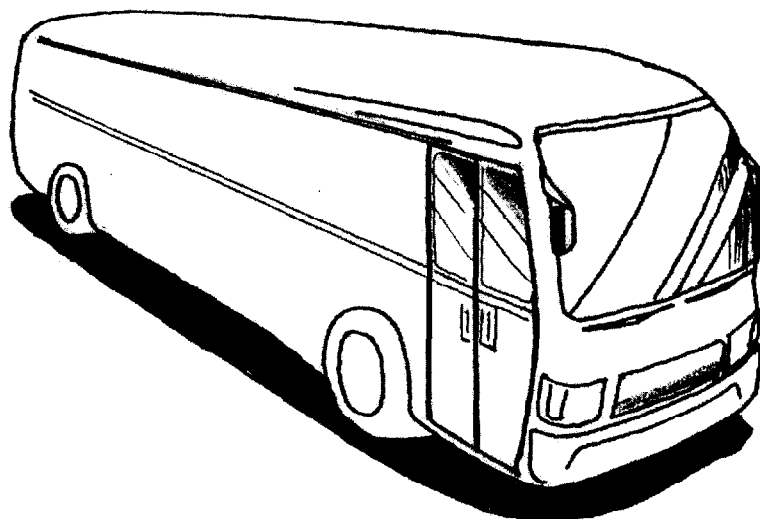


# DOSSIER

# TRAVAIL



PORTE DE BUS

**PRESENTATION :**

Certains bus scolaires présentent la particularité de posséder à l'avant droit du véhicule une porte à deux vantaux (voir dossier technique DT1).

Cette particularité permet un accès aisé au véhicule, mais du fait de la largeur importante de la porte cela restreint le nombre de places assises.

L'objectif de la première étude sera de remplacer la porte à deux vantaux par une porte à un vantail plus large tout en conservant les principales caractéristiques cinématiques de la porte (voir dossier technique DT2).

Chacun des vantaux est actionné par un vérin pneumatique. En cas de blocage accidentel d'un des vantaux, un système de sécurité piloté par l'augmentation de la pression dans le circuit pneumatique commande la réouverture de la porte.

Ce système, associé à un système de verrouillage pneumatique de la fermeture des portes, peut être remplacé par un nouveau système réalisant les deux fonctions sécurité verrouillage, la deuxième étude permettra d'optimiser et de comparer ces deux solutions.

Les bras de commande 3 et 3' (voir dossier technique DT1) sont des pièces réalisées par moulage et les nouvelles modifications engendrent des coûts prohibitifs. La troisième étude, par l'intermédiaire d'une modélisation par éléments finis, permettra de faire un choix parmi différents procédés de fabrication.

1<sup>ère</sup> partie : **ADAPTATION CINEMATIQUE****ETUDE CINEMATIQUE DE LA PORTE A DEUX VANTAUX :**

Le document réponse DR1 représente la schématisation plane( plan xy) du système mécanique permettant le déplacement d'un vantail de la porte actuelle (DT 3) dans les deux positions : porte ouverte fig1 et porte fermée fig2.

**1-1** : Représenter sur le document DR1 schéma porte fermée, le centre instantané de rotation I 2/1 de la porte 2 dans son mouvement de fermeture par rapport au châssis 1. Justifier votre construction sur feuille de copie.

**1-2** : Représenter sur le document DR1 schéma porte fermée la direction des vecteurs vitesse :  $\vec{V}_{E \in 2/1}$   $\vec{V}_{F \in 2/1}$   
Justifier votre construction sur feuille de copie

**ETUDE CINEMATIQUE DE LA PORTE A UN VANTAIL :**

Le document réponse DR2 représente la schématisation plane( plan xy) du vantail de la nouvelle porte. Ce vantail de largeur 800 mm est représenté dans les deux positions ouverte et fermée. La position ouverte conserve le jeu J suivant y entre la porte et l'extérieur de la carrosserie. Le principe mécanique, par l'intermédiaire de la biellette 4 et du bras 3, est conservé

**1-3** : Le centre de rotation O1 de 3/1 étant indéterminé, tracer sur le document DR2 deux trajectoires possibles du point A  $\in$  3/1. Représenter la droite  $\Delta_1$ , lieu possible du point O1.

**1-4** : Afin d'utiliser le même actionneur pneumatique l'angle  $\alpha=110^\circ$  d'ouverture du bras 3 sera conservé (Voir fig1 document DR1). Représenter la position du point O1 sur le document DR2.

**1-5** : Le centre de rotation O2 de 4/1 étant indéterminé, tracer sur le document DR2 deux trajectoires possibles du point B  $\in$  4/1. Représenter la droite  $\Delta_2$ , lieu possible du point O2.

**1-6** : Afin que la porte lors de sa fermeture vienne plaquer correctement sur les joints, on impose deux conditions :

- Condition 1 : Les vecteurs vitesses des points E et F  $\in$  2/1 doivent avoir une projection négative sur la perpendiculaire à la carrosserie (axe y).
- Condition 2 : La direction de la vitesse du point E  $\in$  2/1 fera un angle  $\beta_E$  le plus faible possible avec l'axe Y. La direction de la vitesse du point F  $\in$  2/1 fera un angle  $\beta_F$  le plus faible possible l'axe Y.

-Choisir arbitrairement un point O2 sur  $\Delta_2$  . Vérifier la condition 1.

-Répéter l'opération jusqu'à ce que cette condition soit satisfaite et renommer le point O2 trouvé en O21. Tracer les angles  $\beta_E, \beta_F$  correspondant à la condition 2 (nommer les  $\beta_{E1}, \beta_{F1}$  )

-Trouver un point O2 proche de O1 nommé O22 satisfaisant à la condition 1 et minimisant les angles  $\beta_E, \beta_F$  ( nommer les  $\beta_{E2}, \beta_{F2}$  ).

## 2<sup>ème</sup> partie : CRITERES DE SECURITE – COMPARAISON D’ACTIONNEURS

Chacun des vantaux est actionné par un système de vérin pneumatique associé à une biellette (DT4 fig 2 ; DT5). En cas de blocage accidentel d'un des vantaux un système de sécurité piloté par l'augmentation de la pression dans le circuit pneumatique commande la réouverture de la porte.

Ce système associé à un système de verrouillage pneumatique à la fermeture des portes peut être remplacé par un nouveau système de vérin pneumatique associé à un système vis-écrou(DT4 fig 2 ; DT6). L'étude suivante ne réalise pas les deux fonctions sécurité.

### SYSTEME VERIN PNEUMATIQUE - BIELLETTE

Un vérin pneumatique 21-22 (DT4 fig 2 ; DT5), entraîne en rotation les bras 3 et 3' par l'intermédiaire d'une biellette 20 et de la barre 15.

La porte étant fermée, deux doigts commandés par des vérins pneumatiques viennent verrouiller la porte sur son cadre.

En cas de blocage accidentel de la porte, la pression d'alimentation du vérin 21-22 augmente. Cette surpression via un mano contact commande la réouverture de la porte. La norme impose la réouverture de la porte dès que l'on exerce un effort  $F$  minimal de 210 N sur le vantail ( effort suivant l'axe  $x$  ). Ce critère sera observé quelque soit la position de la porte.

Afin d'optimiser ce système il serait intéressant d'obtenir une pression de déclenchement d'ouverture de la porte constante quelque soit la position de la porte. Cette optimisation peut être obtenue en réglant la position angulaire de la biellette 20 par rapport à la barre 15 ( liaison réalisée par pincement)

**2-1** : On veut réaliser cette étude à l'aide d'un logiciel de simulation mécanique.

Soit le système suivant à modéliser (DT4 fig 1) :

Châssis 1

Vantail 2

Biellette 4

Bras 3+15+3'

**Compléter** sur le document DR3 le graphe des liaisons relatif à ce mécanisme, en précisant le type de chacune des liaisons entre classes d'équivalence.

**Calculer** le degré d'hyperstatisme de ce mécanisme. Proposer une modification rendant ce système isostatique.

**2-2** : Le document DR4 représente le système 21-22-20-15 et le bras 3.

La liaison biellette 20 / barre 15 a été réglée de manière à ce que la position angle  $15/1 = 0^\circ$  ( porte ouverte) corresponde à la position angle biellette  $20/1 = 90^\circ$ .

Les deux courbes (doc DT7) donnent pour ce réglage et dans la position porte ouverte( angle  $15/1 = 0^\circ$ ) les deux résultats suivants :

Courbe 1 : Couple moteur utile : 56Nm

Courbe 2 : Couple moteur transmis par le système 21-22-20 : 36Nm

## CRCP

Le couple moteur transmis a été calculé avec une pression d'alimentation du vérin de 0.3 Mpa.

**Calculer** la valeur à laquelle il faudra régler la pression d'alimentation du vérin pour que le couple moteur exercé sur la barre 15 s'oppose à l'effort de sécurité.

**2-3** :Le réglage de la liaison biellette 20 /barre15 est identique à celui de la question précédente .

**Calculer** la pression d'alimentation du vérin pour que le couple moteur exercé sur la barre 15 s'oppose à l'effort de sécurité quand la biellette 20 liée à la barre 15 aura tourné de 45° par rapport à la position 0°(porte ouverte).

**2-4** : Les deux questions précédentes mettent en évidence que l'on ne peut avoir une pression constante dans le vérin pour s'opposer à l'effort de sécurité avec le réglage choisi à la question 2-2 .

**Rechercher** sur le document DT7 la position angle biellette 20/1 correspondant à la position angle 15/1= 0° ( porte ouverte) afin d'obtenir une pression quasi constante dans le vérin.

Noter sur feuille de copie les deux positions limites Teta1 (porte ouverte) et Teta2 (porte fermée) de cette plage angulaire.

**Représenter** sur le document réponse DR4 les pièces 20, 21,22 dans ces deux positions ( On représentera uniquement l'axe principal de chacune des pièces).

## SYSTEME VERIN PNEUMATIQUE – VIS ECROU

Un vérin pneumatique 31-32 (DT4 fig 2 ; DT6). entraîne en translation l'écrou 33.

La translation de l'écrou 33 provoque la rotation de la vis 35.

La vis 35 entraîne en rotation la barre 15 par l'intermédiaire d'une liaison par cannelures coulissantes.

La barre 15 commande l'ouverture et la fermeture des portes par l'intermédiaire des bras 3 et 3'.

Ce système permet aussi le verrouillage des portes à la fermeture :

Lors de la fermeture, la porte vient en contact avec son cadre. La vis 35 est donc bloquée en rotation et se translate suivant z en comprimant le ressort 34 puis en soulevant la barre 15 donc la porte.

La porte est soulevée et vient se verrouiller dans son cadre.

**2-5** : La liaison bras 15 / écrou 35 étant réalisée par des cannelures courtes coulissantes, on fera comme hypothèse que l'action de 35/15 peut être modélisée par le torseur suivant :

$$\begin{aligned} - \overrightarrow{U}_{35/15} &= X_{35/15} \overrightarrow{X} + Y_{35/15} \overrightarrow{Y} & \overrightarrow{U}_{35/15} \cdot \overrightarrow{Z} &= 0 \\ - \overrightarrow{M}_{u_{35/15}} &= N_{35/15} \overrightarrow{Z} & \text{u centre de la liaison } &\underline{35/15} \end{aligned}$$

## CRCP

La liaison vis 35 / écrou 33 étant une liaison hélicoïdale, l'action de 35/33 peut être modélisée par le torseur suivant :

$$\begin{aligned} - \vec{O}_{35/33} &= X_{35/33} \vec{X} + Y_{35/33} \vec{Y} + Z_{35/33} \vec{Z} \\ - \vec{M}_{O_{35/33}} &= L_{35/33} \vec{X} + M_{35/33} \vec{Y} + N_{35/33} \vec{Z} \text{ avec } N_{35/33} = (\text{Pas}/2\pi) * Z_{35/33} \end{aligned}$$

(O centre de la liaison 35/33)

Le pas du système vis écrou : Pas = 100 mm

Le diamètre du piston du vérin pneumatique est de 100 mm.

Le courbe 1 ( doc DT7) fait apparaître que le couple moteur sur la barre 15 ( N <sub>35/15</sub>) varie de 43 à 85 Nm

En appliquant le PFS à la vis 35, **calculer**  $Z_{35/33}$  pour ces 2 valeurs limites .

(On écrira uniquement l'équation issue du PFS :  $\sum \vec{M}_u \cdot \vec{Z} = 0$ )

**Calculer** la pression d'alimentation du vérin pour ces deux valeurs

**2-6 : Est ce que** les deux systèmes satisfont au critère de sécurité donné précédemment ?

Du point de vue de la sécurité, **quels sont** les avantages et inconvénients de ces deux systèmes ?

### 3<sup>ème</sup> Partie : ETUDE D'UN BRAS DE COMMANDE

**But :** Préciser les actions mécaniques supportées par ce composant.

Optimiser la forme du bras par une étude de son état de contraintes et de déformations à l'aide d'un logiciel de calcul par éléments finis

#### Précisions sur l'étude (DT4)

La porte avant de l'autocar est tenue par :

- deux biellettes 4 à double rotule
- deux bras de commande : un supérieur 3 et un inférieur 3', mécano soudés à partir d'une barre d'acier cintrée de diamètre 25mm

On s'intéresse à présent à l'étude du bras de commande supérieur repéré 3 sur DT4

On précise que :

Le bras de commande 3 est encastré sur la barre de liaison verticale 15 .

La barre 15 est :

- en liaison pivot / au châssis autocar et,
- animée par le système d'entraînement pneumatique.

Le bras de commande 3 est prolongé d'une rotule de liaison côté porte de centre le point A.

L'action de la porte 2 sur le bras 3 peut être modélisée par un vecteur force

$\vec{A} = -25\vec{Z}$  (daN). ( On fera comme hypothèse que le poids de la porte (50 daN) est réparti de façon identique sur les deux bras 3 et 3')

Un effort obstacle de sécurité modélisable par un vecteur force  $\vec{S}=20\vec{X}$  (daN) pourra lui être appliqué à mi-hauteur  
L'écrasement de son joint de fermeture induit un effort modélisable par le vecteur force  $\vec{J}=-3\vec{Y}$  ( daN )

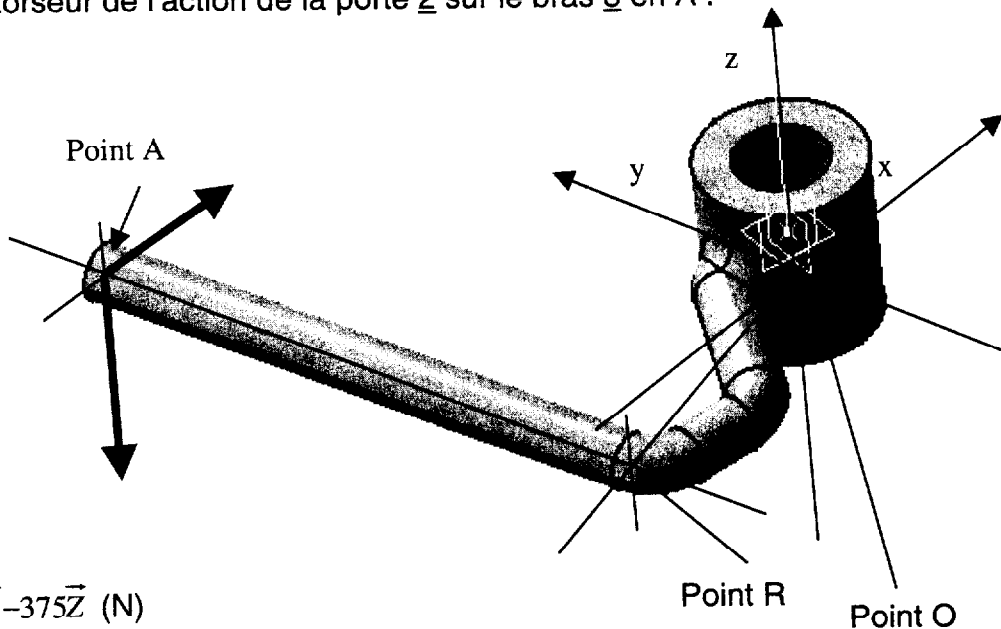
### contexte et actions mécaniques supportées

**3-1** : On considère les actions supportées au point A par le bras de commande supérieur, la porte étant simplement ouverte sans effort obstacle.  
Sur feuille de copie, **exprimer** en employant le **système d'unité international** le torseur de l'action de la porte 2 sur le bras 3 en A.

**3-2** : On considère les actions supportées au point A par le bras de commande supérieur, la porte étant simplement fermée sans effort obstacle.  
Sur feuille de copie, **exprimer** en employant le **système d'unité international** le torseur de l'action de la porte 2 sur le bras 3 en A.

**3-3** : On considère les actions supportées au point A par le bras de commande supérieur, la porte étant en phase de fermeture avec l'effort obstacle.  
Sur feuille de copie, **exprimer** en employant le système d'unité international le torseur de l'action de la porte 2 sur le bras 3 en A.

**3-4** : On considère le cas suivant (**coefficienté en sécurité**), pour lequel on donne le torseur de l'action de la porte 2 sur le bras 3 en A :



$$- \vec{A}=300\vec{X}-375\vec{Z} \text{ (N)}$$

$$- \vec{Ma}=\vec{0} : \text{ ( Nm)}$$

Coordonnées des points (mm) :

| point | Coord.x | Coord.y | Coord.z |
|-------|---------|---------|---------|
| O     | 0       | 0       | 0       |
| R     | -149    | -20     | 0       |
| A     | -149    | 231     | 0       |

Sur feuille de copie, calculer le torseur de cohésion aux points R, issu du torseur d'actions de liaison en A porte 2 /bras 3 (unités : N, Nm)

**Précalcul par RDM** (répondre sur feuille de copie)

Afin de valider un calcul par éléments finis, on va calculer l'état de contraintes du tronçon AR du bras 3 à l'aide de la résistance des matériaux.

Ce résultat comparé à celui calculé par la méthode des éléments finis nous permettra de connaître si notre calcul de l'état de contrainte du bras 3 par éléments finis est correct .

**3-5** : On considère le bras 3 comme constitué de 2 tronçons AR et RO.  
Si on veut calculer à l'aide de la résistance des matériaux l'un de ces tronçons, c'est à dire le modéliser par une poutre, **donner** la particularité fondamentale section / longueur à laquelle le tronçon doit répondre ?

Est-ce le cas pour le tronçon AR ?

**3-6** : En prenant les données de la question 3-4, **donner** le type de sollicitation à laquelle est soumis le tronçon AR ?

**3-7** : La sollicitation du tronçon AR peut être représentée dans un plan .  
**Représenter** ce plan sur le document DR5 (Hachurer ce plan)

**3-8** : En prenant les données de la question 3-4, **déterminer** la norme de l'effort tranchant T, l'effort normal N et le moment fléchissant Mf du torseur de cohésion Coh<sub>II/I</sub> au point R

*Par convention en considérant l'axe Y de la ligne moyenne :*  
*II correspond à la partie de droite ( tronçon AR)*  
*I correspond à la partie de gauche ( tronçon RO)*

**3-9** : **Calculer** la contrainte tangentielle moyenne  $\tau$  dans la section normale de barycentre R

**3-10** : **Calculer** la contrainte normale de flexion maximale  $\sigma_{\text{maxi}}$  dans la section normale de barycentre R

**3-11** : A l'aide des résultats des questions 3-9 et 3-10, **calculer** la contrainte de Von Mises équivalente à l'aide de la formule suivante :

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

$\sigma_v$  : contrainte de Von Mises au point considéré

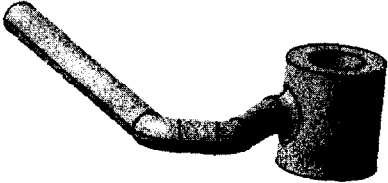
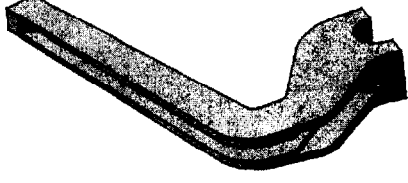
$\sigma$  : contrainte normale au point considéré

$\tau$  : contrainte tangentielle au point considéré.



**Calcul par éléments finis****précisions sur cette partie**

A présent, 2 solutions constructives du bras de commande ont été modélisées en C.A.O. et testées avec un outil de simulation par éléments finis :

|   |  |
|---|--|
| Sa : bras composé d'une barre acier diam.25mm (construction mécano soudée)        | Sb : bras moulé en acier (forme évidée)  |
|  |  |

La simulation a été réalisée à l'aide des données suivantes :

- Le bras 3 étant monté encasté sur la barre 15, la surface cylindrique intérieure en contact avec la barre 15 a été déclarée fixe.
- Le chargement au point A correspond à celui de la question 3-4 (valeurs coefficientées de sécurité)

**3-12** :A l'aide du document DT8 :

- relever sur le tronçon AR la contrainte maxi Von Mises, que vous donnerez en  $N/mm^2$ ,
- relever le déplacement (mm) au point A.

**3-13** : **Comparer** ce résultat à celui trouvé à la question 3-11. **Expliquer** de quelle manière on pourrait améliorer le calcul par éléments finis afin de réduire cet écart.

**3-14** : :A l'aide du document DT9 :

- relever sur le tronçon AR la contrainte maxi Von Mises, que vous donnerez en  $daN/mm^2$ ,
- relever le déplacement (mm) au point A.

**3-15** : Considérant à présent chaque solution dans sa globalité (non limitée au tronçon AR), comparer ces deux solutions, en détaillant votre justification vis à vis de la fonction du composant et du processus de fabrication (sur feuille de copie).

**3-16** : Dans une démarche visant à améliorer la conception du bras mécano soudé, proposer sous forme de schéma (section, vue XY, vue XZ,...) une nouvelle conception de ce bras. Cette conception devra améliorer la rigidité du bras tout en minimisant sa masse du bras. Justifier votre choix (sur feuille de copie).