

EXERCICE 3528 – WHING : WHEELCHAIR INITIATIVE NEW GENERATION

1. Présentation du système

Le projet WHING (WHEELchair Initiative New Generation) a été initié par l'Association Française contre les Myopathies (AFM) en décembre 2004. Il a pour objet d'imaginer, de réaliser et proposer aux utilisateurs un fauteuil verticalisateur à déplacement motorisé de nouvelle génération avec, comme objectifs associés :

- d'intégrer de nouvelles technologies ;
- de mieux prendre en compte les besoins spécifiques des utilisateurs ;
- d'utiliser une conception modulaire.

A la suite d'un appel d'offre, c'est la société DRK (filiale de Segula Technologie) qui a été retenue pour assurer le développement du produit dont la commercialisation a débuté en Avril 2004 (figure 1).

Pour répondre aux exigences du cahier des charges, le produit proposé comporte de nombreuses innovations dont certaines font l'objet de brevets qui lui permettent de se démarquer de ses concurrents :

- Les positions préprogrammées (figure 2) :
Le fauteuil dispose de 4 positions de base préprogrammées qui sont paramétrées en sortie d'usine. Ces 4 positions sont accessibles par l'intermédiaire du boîtier de commande et peuvent être redéfinies par l'utilisateur.



Figure 1 - Vue du WHING



Figure 2 - Positions préprogrammées du fauteuil

- Une base roulante à six roues indépendantes (figure 3) :
Les roues centrales motrices autorisent un faible rayon de giration, la base roulante forte de ses 6 roues indépendantes et amorties assure la stabilité et la motricité du fauteuil quel que soit le profil du terrain rencontré.

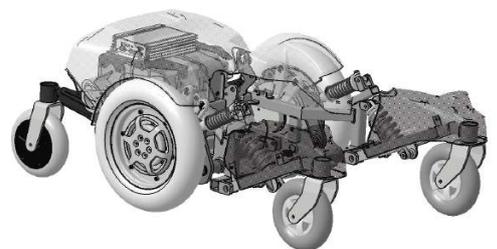


Figure 3 - Base roulante

- Un dossier tripartite et des jambiers indépendants à compensation (figure 4) :

Ces éléments innovants participent à l'amélioration du confort de la personne à mobilité réduite (PMR) au quotidien, quelle que soit la position utilisée.

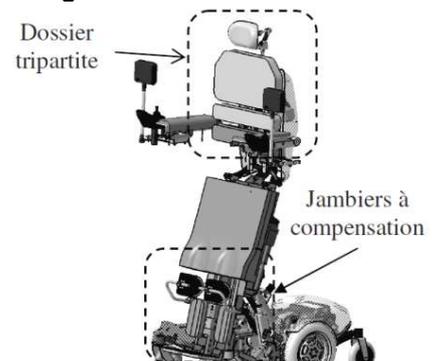


Figure 4 - Innovation du système

2. Analyse du système

Q1. Définir à la lecture du diagramme des exigences partiel fourni en annexe les performances attendues du système en termes de vitesse et de temps de verticalisation.

3. Etude du mécanisme du basculement de l'assise

Dans cette partie, on se propose d'étudier le mécanisme de basculement de l'assise et de vérifier le choix du vérin électrique pour l'actionneur.

Le mécanisme d'élévation est constitué de l'assise **8**, en liaison pivot d'axe (A, \vec{x}_0) avec le pontet **5** considéré comme le bâti dans cette étude. L'orientation de l'assise avec le pontet est paramétrée par l'angle $\beta = (\vec{y}_0, \vec{y}_2) = (\vec{z}_0, \vec{z}_2)$.

Le vérin électrique est modélisé par la tige de vérin **7** et le corps de vérin **6**, en liaison pivot glissant d'axe (O, \vec{y}_1) . La longueur du vérin est définie par une variable $\lambda(t)$. Le corps de vérin **6** est en liaison pivot d'axe (O, \vec{x}_0) avec le pontet **5**. Cette liaison est paramétrée par un angle $\gamma = (\vec{y}_0, \vec{y}_1) = (\vec{z}_0, \vec{z}_1)$. La tige de vérin est en liaison pivot d'axe (B, \vec{x}_0) avec l'assise **8**.

Ce mécanisme est paramétré par la variable $\lambda(t)$ pour la longueur du vérin électrique (**1+2**) :

$$\overrightarrow{OB} = \lambda(t)\vec{y}_1$$

Des valeurs constantes complètent le paramétrage :

$$\overrightarrow{OA} = -a\vec{y}_0 + b\vec{z}_0$$

$$\overrightarrow{AB} = l_1\vec{y}_2 - d_1\vec{z}_2$$

Avec :

$$a = 40 \text{ mm}, b = 113 \text{ mm}$$

$$d_1 = 30 \text{ mm}, l_1 = 380 \text{ mm}$$

Q2. À l'aide de la description donnée du mécanisme, réaliser le schéma cinématique 2D du mécanisme de basculement de l'assise. On veillera à distinguer les classes d'équivalences par des couleurs différentes.

Q3. À l'aide d'une fermeture géométrique que l'on indiquera, déterminer la relation donnant la translation du vérin $\lambda(t)$ en fonction de l'angle de l'assise $\beta(t)$.

Q4. En déduire sous forme littérale la distance minimale λ_{\min} et maximale λ_{\max} du vérin pour respectivement $\beta = 0^\circ$ et $\beta = 90^\circ$. Faire l'application numérique. Pour les calculs on pourra s'aider des valeurs suivantes :

$83^2 = 6889$	$\sqrt{118006} \approx 344$
$143^2 = 20\,449$	$\sqrt{122489} \approx 350$
$340^2 = 115\,600$	$\sqrt{205439} \approx 453$
$430^2 = 184\,900$	$\sqrt{243149} \approx 493$
$493^2 = 243\,049$	

Q5. En déduire la course $\Delta\lambda = \lambda_{\max} - \lambda_{\min}$ du vérin nécessaire pour permettre un basculement complet de l'assise.

Quel que soit les résultats obtenus, la course du vérin pour le mécanisme de basculement de l'assise sera considérée comme égale à $\Delta\lambda = 150 \text{ mm}$. Le vérin envisagé est un vérin électrique LA31 CARELINE de référence 311600-1015002K. La documentation associée à ce vérin est donnée en annexe.

Q6. Conclure quant à ce choix d'actionneur. On veillera à bien justifier la réponse.

4. Étude du mécanisme d'élévation

Le mécanisme d'élévation constitué d'une structure à parallélogramme déformable mue par le vérin d'élévation (LIFT) trouve sa justification dans la nécessité exprimée par la PMR de disposer de positions de travail à hauteurs différentes. Ainsi, ce mécanisme est mis en œuvre lors du passage de la position basse à la position de conduite, voire couchée ou verticalisée.

L'objectif de cette partie est de valider le choix du vérin électrique choisi, le même que pour le basculement de l'assise. Un schéma cinématique du système en position « assise » et « debout » est présenté figure 10.

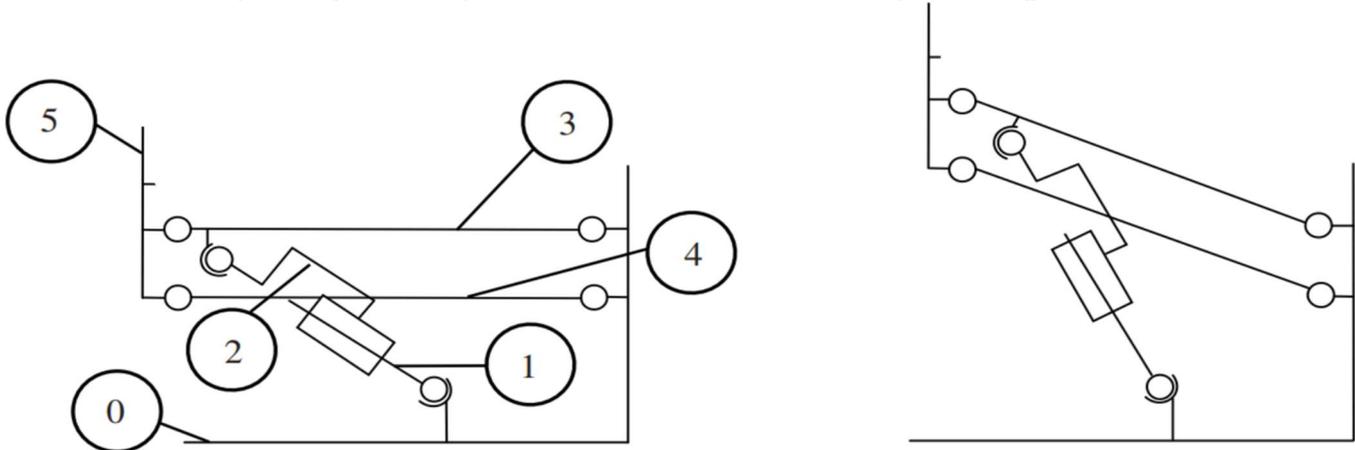


Figure 1 - schéma cinématique du mécanisme d'élévation en position "assise" (à gauche) et "debout" (à droite)

Tableau 1 - Nomenclature associée aux classes d'équivalence du mécanisme d'élévation

0	Base roulante
1+2	Vérin LIFT
3	Monobras
4	Biellettes monobras
5	Pontet

Q7. À l'aide de la figure 10, décrire le mouvement du pontet **5** par rapport à la base roulante **0**.

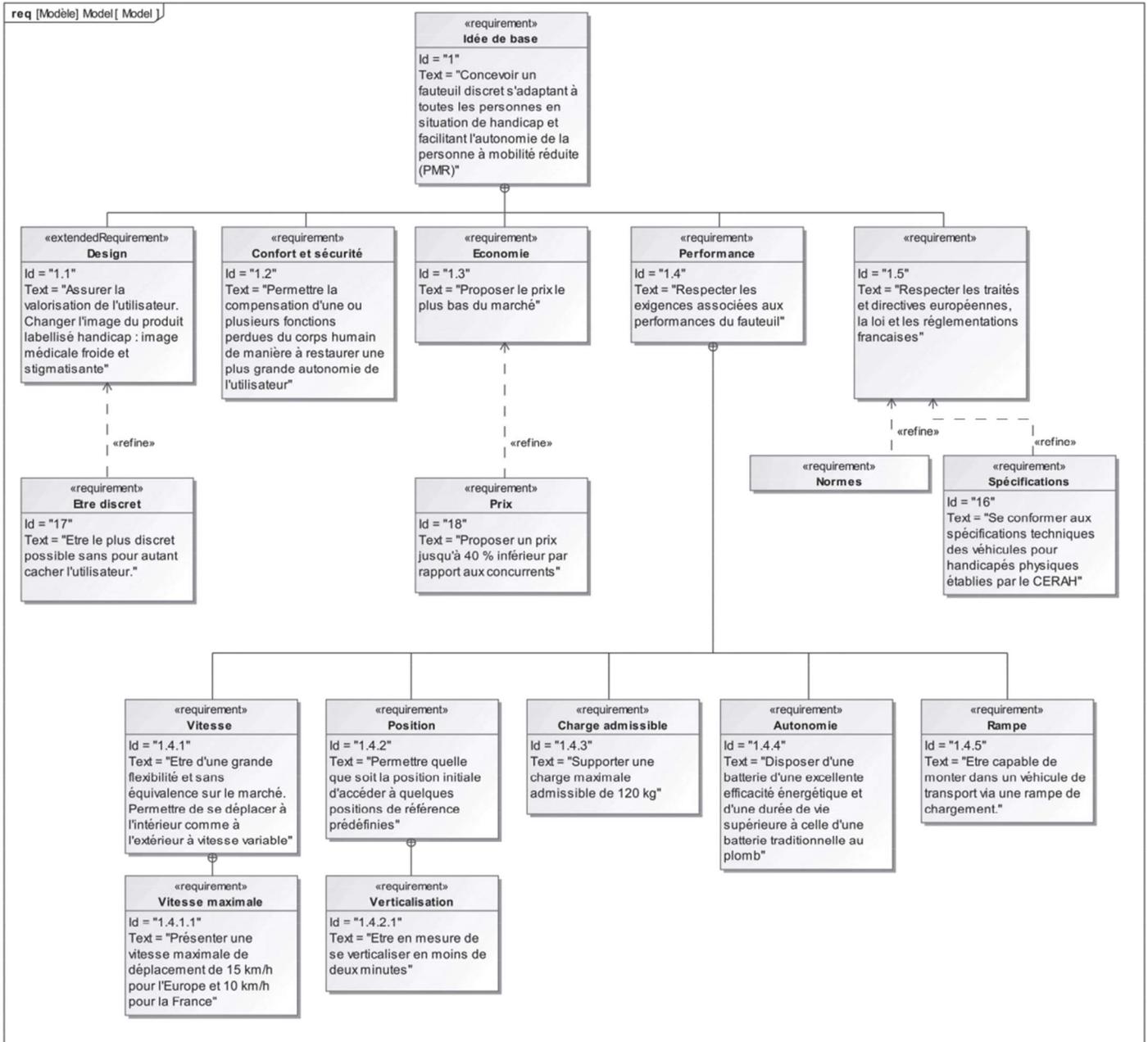
Q8. A partir du diagramme de définition de blocs en annexe, déterminer la hauteur maximale à atteindre par le siège. Représenter cette hauteur à l'échelle sur le document réponse.

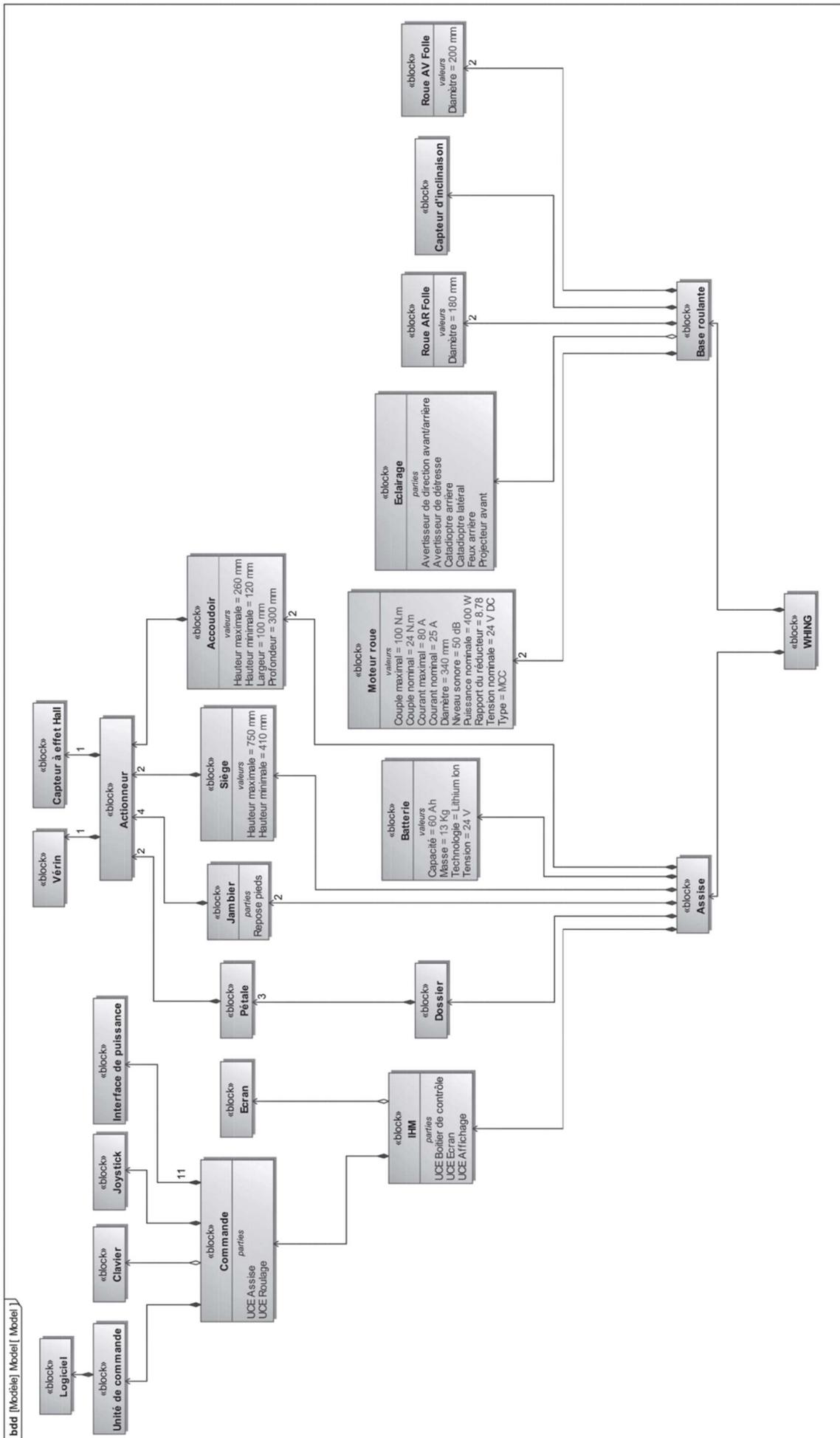
Q9. Tracer la position du pontet **5** lorsque le siège est en position haute. En déduire la course c du vérin d'élévation. On veillera à justifier les tracés réalisés. Le soin des tracés sera pris en compte dans la notation.

Pour la dernière question et quel que soit le résultat précédent, on prendra une course nécessaire $c = 141 \text{ mm}$.

Q10. Conclure quant au choix de cet actionneur.

Annexe 1 : Diagrammes SysML du WHING





FICHE TECHNIQUE

VERIN LA31 CARELINE

Caractéristiques:

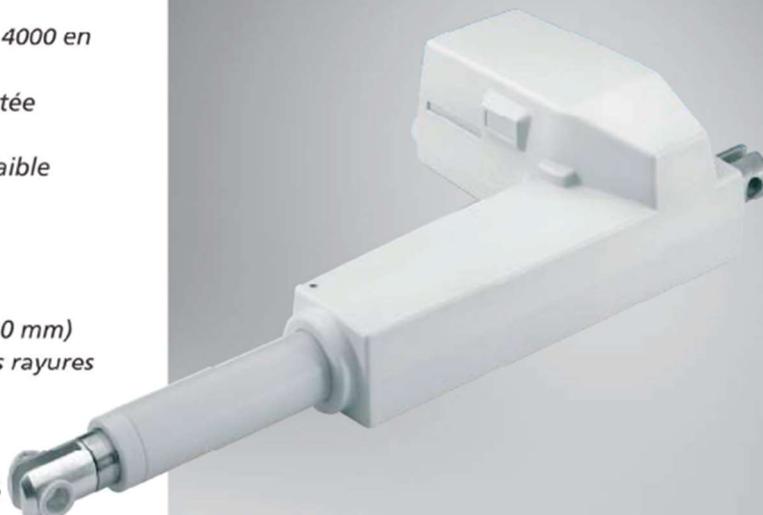
- Moteur à aimants permanents 24 V CC
- Effort jusqu'à 6000 N en compression et 4000 en traction
- Chape de tige rainurée en acier chromatée
- Carter plastique haute résistance
- Construction esthétique et compacte - faible encombrement
- Indice de protection standard: IP54
- Couleur : noir et gris
- Fins de course intégrés (non réglables)
- Peinture époxy sur le tube extérieur (Ø30 mm) pour une protection contre l'usure et les rayures
- Fixation arrière en alliage de zinc
- Tige en acier inoxydable
- Niveau sonore de 48 dB (A); méthode de mesure DS/EN ISO 3746, vérin non chargé

Options:

- LA31 Basic - CARELINE® (pas de rainure sur la chape de tige)
- Fixation arrière auto-alignante
- Codeur de position (8 impulsions/tr) pour tout positionnement précis à associer au CB9P
- Codeur de position Hall (avec boîtier de contrôle CB6 OBF, CB16 OBF et CB20)
- Moteur rapide
- Débrayage d'urgence (différents types de poignée)
- Câble torsadé avec prise DIN ou Jack (0.2 ou 0.4 m)
- Ecrou de sécurité (vérin en compression)
- Butée mécanique de sécurité
- Câble interchangeable (prise DIN et indice de protection IP66)
- Descente d'urgence pour le système Jumbo Home

Usage:

- Facteur de service: 10% max ou 2 minutes continues suivies de 18 minutes de repos
- Température ambiante: +5° à + 40°C
- Le système CARELINE est en parfait respect avec la norme EN 60601-1



Le LA31 est un vérin extrêmement silencieux et puissant, destiné à diverses applications, telles que le mobilier et les lit médicalisés.

Le LA31 est disponible avec un moteur standard, basique ou rapide. La version basique est un modèle au coût optimisé. La version avec le moteur rapide est un modèle basique équipé d'un moteur spécial rapide

Le LA31 peut être livré avec différents niveaux de protection IP et d'une large gamme d'options de sécurité, en fonction de vos besoins. Le LA31 possède des câbles interchangeables.

Spécifications techniques :

Type de vis	Effort max [N]		Intensité (A)	Vitesse (mm/s)	Autoblochage [N]	
	en poussée	en traction			en compression	en traction
	Pas de vis (mm)					

Moteur standard 24V CC

31.1	3	6000	4000	4.0	6.2	3.2	6000	4000
31.2	5	4000	4000	3.1	11.2	5.4	2000	2000
31.2 avec frein	5	4000	4000	3.3	11.2	5.6	4000	4000
31.3 avec frein	9	1500	1500	2.5	19.4	10.5	1500	1500
31.4 avec frein	4	6000	4000	4.1	8.2	5.4	6000	4000
31.6 avec frein	12	1000	1000	2.4	26.6	14.5	1000	1000
31.7 avec frein	6	2500	2500	2.5	13.2	6.8	2500	2500

Moteur rapide 24V CC

31.1	3	6000	4000	4.2	8.2	4.9	6000	4000
31.2	5	4000	4000	3.7	14	6.9	2000	2000
31.2 avec frein	5	4000	4000	4.0	14	6.4	4000	4000
31.3 avec frein	9	1500	1500	2.9	26.6	13	1500	1500
31.4 avec frein	4	6000	4000	5	10.7	5.3	6000	4000
31.6 avec frein	12	1000	1000	2.8	32.6	17.6	1000	1000
31.7 avec frein	6	2500	2500	3.1	16.7	8.3	2500	2500

Moteur standard 24 V CC et débrayage d'urgence

31.2 avec débrayage d'urgence charge à appliquer: 75kg	5	3500	200	3.3	11.2	5.6	3500	-
31.3 avec débrayage d'urgence charge à appliquer: 75kg	9	1500	200	2.5	19.4	10.5	1500	-
31.7 avec débrayage d'urgence charge à appliquer: 50kg	6	2500	200	2.5	13.2	6.8	2500	-

Moteur rapide 24 V CC et débrayage d'urgence

31.2 avec débrayage d'urgence charge à appliquer: 75kg	5	3500	200	4	14	6.4	3500	-
31.3 avec débrayage d'urgence charge à appliquer: 75kg	9	1500	200	2.9	26.6	13	1500	-
31.7 avec débrayage d'urgence charge à appliquer: 50kg.	6	2500	200	6	15	10	2500	-

Informations complémentaires :

- Les valeurs ci-dessus ont été obtenues avec une alimentation stabilisée.
- Les boîtiers de contrôle LINAK sont conçus pour mettre le moteur en court-circuit quand celui-ci n'est pas sollicité. Cette technique augmente les capacités d'auto-blocage. Si le vérin n'est pas connecté à un boîtier de contrôle LINAK, veillez à court-circuiter le moteur afin de respecter la valeur d'auto-blocage du vérin.
- En compression, si la charge dépasse 4000 N (6000 N max), la course ne doit pas dépasser 250 mm.

LA31 CARELINE

Constitution de la référence :

31 1 1 0 0 - 0 0 1 0 0 0 2 0

Câble: _____

Protection: _____

Type moteur: _____

Course: _____

Frein: _____

Options (tige): _____

Couleur: _____

Option (position): _____

Chape: _____

Fixation arrière: _____

Type de tige: _____

Type de vérin: _____

Câbles Jack
 0 = Droit 2.25 m
 5 = Droit 0.80m
 6 = Droit 1.50m
 1 = Droit 1.0 m
 7 = Droit 0.75m
 8 = Droit 0.5m
 9 = Droit 0.25m
 2 = Torsadé 0.40 m
 3 = Torsadé 0.20m

Câbles Din
 A = Droit 2.25m
 J = Droit 0.80m
 F = Droit 1.50m
 B = Droit 1.0m
 G = Droit 0.75m
 H = Droit 0.50m
 E = Droit 0.25m
 C = Torsadé 0.40m
 D = Torsadé 0.20m

Couplé au CB
 E = Droit 0.25 m (IP54 / IP66)

Câble interchangeable
 K = câble Minifit 80mm (pour codeur Hall avec CB20)
 P = câble Minifit 80mm

0 = 24V CC Standard
 1 = 24 V CC basique (L1)
 3 = 24 V CC basique moteur rapide (L3)

XXX = mm

0 = Aucun
 1 = frein pour vérin en compression (5.5)
 2 = frein pour vérin en traction (5.5)
 3 = frein pour vérin en compression uniquement (4.25)
 4 = frein pour vérin en compression (3.5)
 5 = frein pour vérin en traction (3.5)
 7 = frein pour vérin en compression (5.5) pour débrayage d'urgence interne

0 = Aucun
 1 = Ecrou de sécurité
 2 = Débrayage mécanique en traction
 3 = Débrayage mécanique en traction et écrou de sécurité
 4 = Butée mécanique de sécurité
 5 = Butée mécanique de sécurité et écrou de sécurité
 6 = Butée mécanique de sécurité, débrayage mécanique et écrou de sécurité

- = Noir
+ = Gris

0 = Aucun
 A = débrayage d'urgence interne - position A
 B = débrayage interne - position B
 C = débrayage d'urgence interne VO - position A
 D = débrayage d'urgence interne VO - position B
 F = débrayage d'urgence à poignée VO (Q2)
 H = codeur Hall (à utiliser avec CB6 OBF, CB16 OBF et CB20)
 I = débrayage d'urgence à poignée (Q2)
 J = débrayage d'urgence à câble VO (O1)

0 = Standard avec fente et pour versions avec débrayage d'urgence
 1 = Standard sans fente
 2 = Standard peinte
 3 = Standard jaune de chrome

1 - 2 = Standard 10.1 mm, avec fente de 6.1 mm
 5 - 6 = Bicronique Ø 10.1 mm
 7 - 8 = Plaine Ø 12.1 mm
 A - B = Standard Ø 12.2 mm, avec fente de 10.5 mm

1 = 3 mm
 2 = 5 mm
 3 = 9 mm
 4 = 4 mm
 6 = 12 mm
 7 = 6 mm

31 = LA31

0 = débrayage d'urgence à câble (Q1)
K = débrayage d'urgence à poignée surmoulée (Q3)
L = débrayage d'urgence sans poignée (O0)
M = débrayage d'urgence à poignée surmoulée VO (O3)
N = débrayage d'urgence à poignée surmoulée VO (Q0)
P = codeur Reed
R = codeur Reed
S = VO plastique
T = VO plastique + codeur Reed
U = carter VO + codeur Hall (à utiliser avec CB6 OBF, CB16 OBF et CB20)



Option H et U : à utiliser uniquement avec des câbles interchangeables "K"

EXERCICE 3527 : PORTE CARGO

1. Présentation du système

Le transport express de marchandises s'est fortement développé, notamment à la suite de la globalisation des marchés et à l'essor du e-commerce. Ce transport s'organise autour de grands hubs continentaux secondés par des hubs régionaux, les voies de transport terrestre prenant le relais ensuite. Les avions cargos sont destinés exclusivement au transport de matériels et marchandises d'un hub à un autre. Il en existe différents types adaptés à des besoins spécifiques (rayon d'action et capacités d'emport) :

- catégorie 1 : petits appareils pouvant transporter entre 8 et 30 tonnes de matériel sur des distances moyen-courrier ; ces appareils ont vocation à alimenter des hubs régionaux ;
- catégorie 2 : appareils dont le gabarit est semblable à ceux des avions passagers mono-couloir, pouvant transporter entre 25 et 65 tonnes de matériel sur des distances moyen-courrier ;
- catégorie 3 : appareils dont le gabarit est semblable à ceux des avions passagers double-couloir, moyen-courrier ou long-courrier pouvant transporter entre 50 et 70 tonnes de matériel ;
- catégorie 4 : appareils long-courrier pouvant transporter entre 70 et 110 tonnes de matériel ;
- catégorie 5 : appareils spécifiques pouvant accomplir des transports exceptionnels, par exemple pour des besoins militaires ou humanitaires.

Les marchandises doivent pouvoir être embarquées dans l'avion au moyen de portes adaptées à la capacité d'emport de l'avion. Le système étudié permet l'ouverture d'une porte latérale sur un avion cargo de la catégorie 1 tel que celui présenté en figure 1.



Figure 2 - Vue en vol d'un avion cargo sur lequel on étudie le mécanisme d'ouverture de la porte latérale avant (source : www.atr-aircraft.com)

L'implantation de la porte cargo sur l'avion est présentée en figure 2. La localisation du système d'ouverture étudié pour cette porte est également fournie.

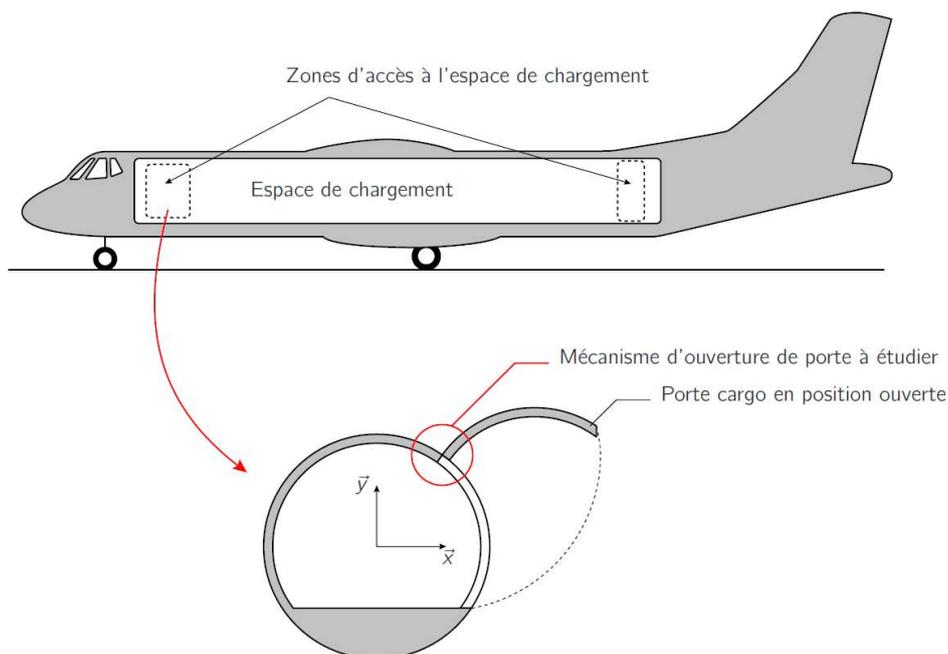


Figure 3 - Schéma d'implantation de la porte latérale avant de l'avion cargo, objet de l'étude

Le système d'ouverture du porte cargo est présenté à l'aide du diagramme de contexte de la figure 3.

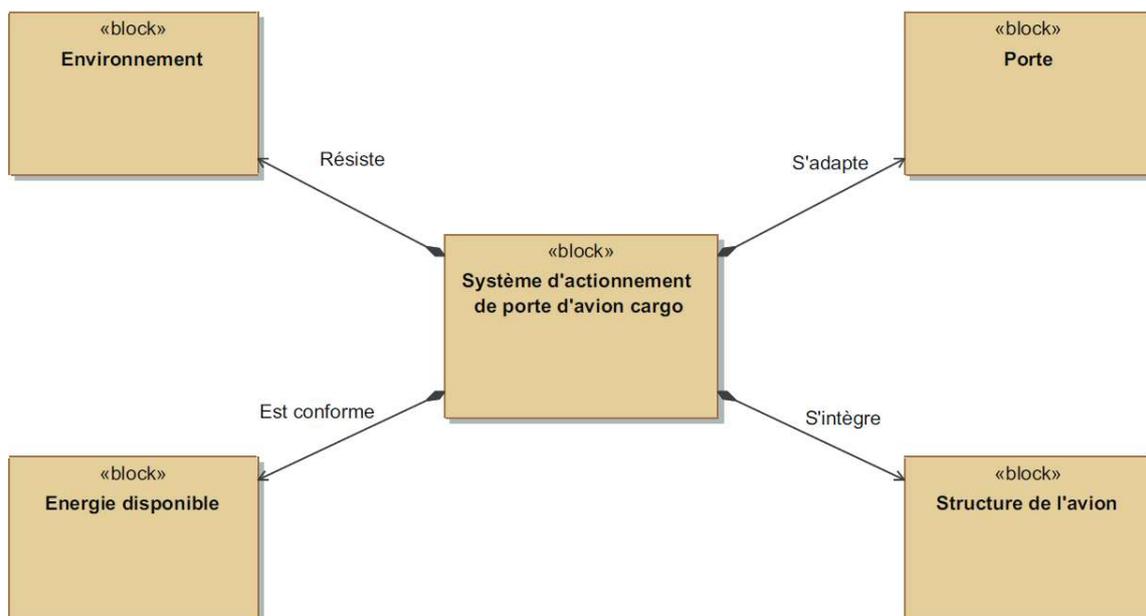


Figure 4 - Diagramme SysML de contexte associé au système d'ouverture de porte cargo

Les exigences liées à la mise en mouvement de la porte sont présentées figure 4.

L'étude proposée ici consiste à analyser et modéliser le mouvement d'ouverture et fermeture de la porte et sur le choix d'un actionneur approprié aux exigences imposées sur la mise en mouvement de la porte (exigence 1.4.2).

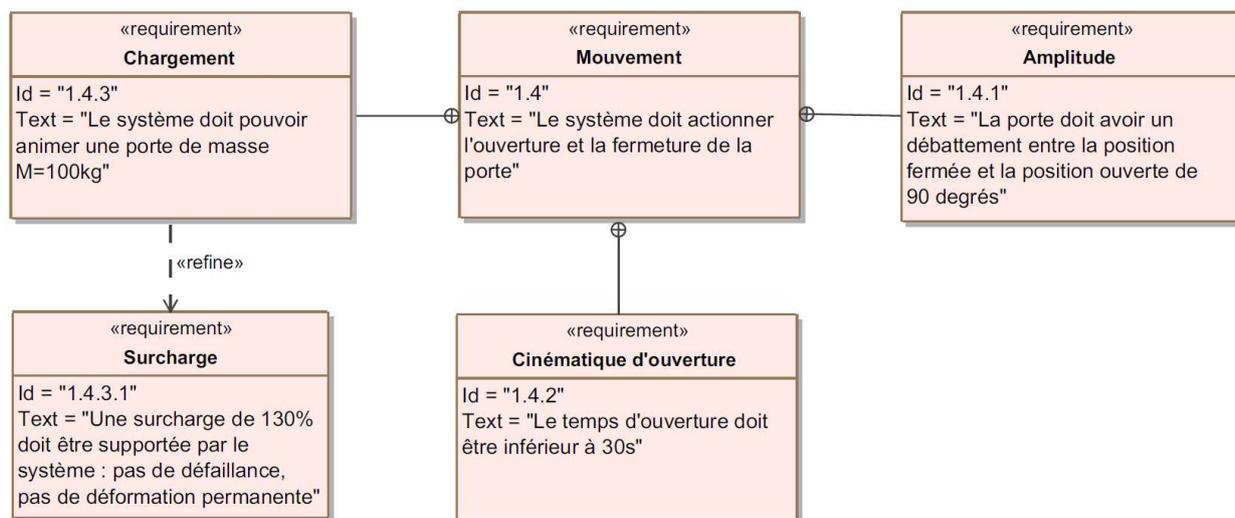


Figure 5 - Sous-exigences liées à la mise en mouvement de la porte

2. Évaluation de l'exigence 1.4.2 sur la vitesse de l'actionneur

La cinématique partielle envisagée pour le mécanisme d'ouverture de porte est présentée par le schéma cinématique partiel dans le document réponse.

La structure du fuselage de l'avion est notée (S_0) et appelée le châssis dans la suite. On lui associe une base fixe $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$. La porte (S_1) est en liaison pivot d'axe (A, \vec{z}_0) avec le châssis (S_0). On lui associe une base $(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$ telle que $\theta_1 = (\vec{x}_0, \vec{x}_1)$. Un basculeur (S_2) est également en liaison pivot d'axe (B, \vec{z}_0) avec le châssis (S_0). On lui associe une base $(\vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_0)$ telle que $\theta_2 = (\vec{x}_0, \vec{x}_2)$.

Un actionneur linéaire est représenté de manière simplifiée par un corps (S_3) en liaison glissière de direction \vec{x}_3 avec la tige (S_4). Le corps (S_3) de l'actionneur est en liaison sphérique de centre C avec le corps (S_0) et la tige (S_4) est en liaison sphérique de centre D avec le basculeur (S_2). L'orientation de l'actionneur linéaire est repérée par un angle $\theta_3 = (\vec{x}_0, \vec{x}_3)$. Enfin une liaison sphère-plan de centre E et de normale \vec{y}_1 est installée entre le basculeur (S_2) et la porte (S_1) afin que l'actionneur puisse mettre en mouvement la porte (S_1).

Le paramétrage du mécanisme d'ouverture de la porte cargo est complété par les variables λ et δ décrivant respectivement la longueur de l'actionneur et la translation du point de contact E entre (S_2) et (S_1) sur la direction \vec{x}_1 :

$$\overline{CD} = \lambda \vec{x}_3$$

$$\overline{FE} = \delta \vec{x}_1$$

Les longueurs suivantes représentées par des constantes décrivent la géométrie de la porte (S_1) , du basculeur (S_2) et du châssis (S_0) :

$$\overline{CB} = a_0 \vec{x}_0 + b_0 \vec{y}_0$$

$$\overline{BA} = c_0 \vec{x}_0 + d_0 \vec{y}_0$$

$$\overline{AG} = -a_1 \vec{x}_1 - b_1 \vec{y}_1$$

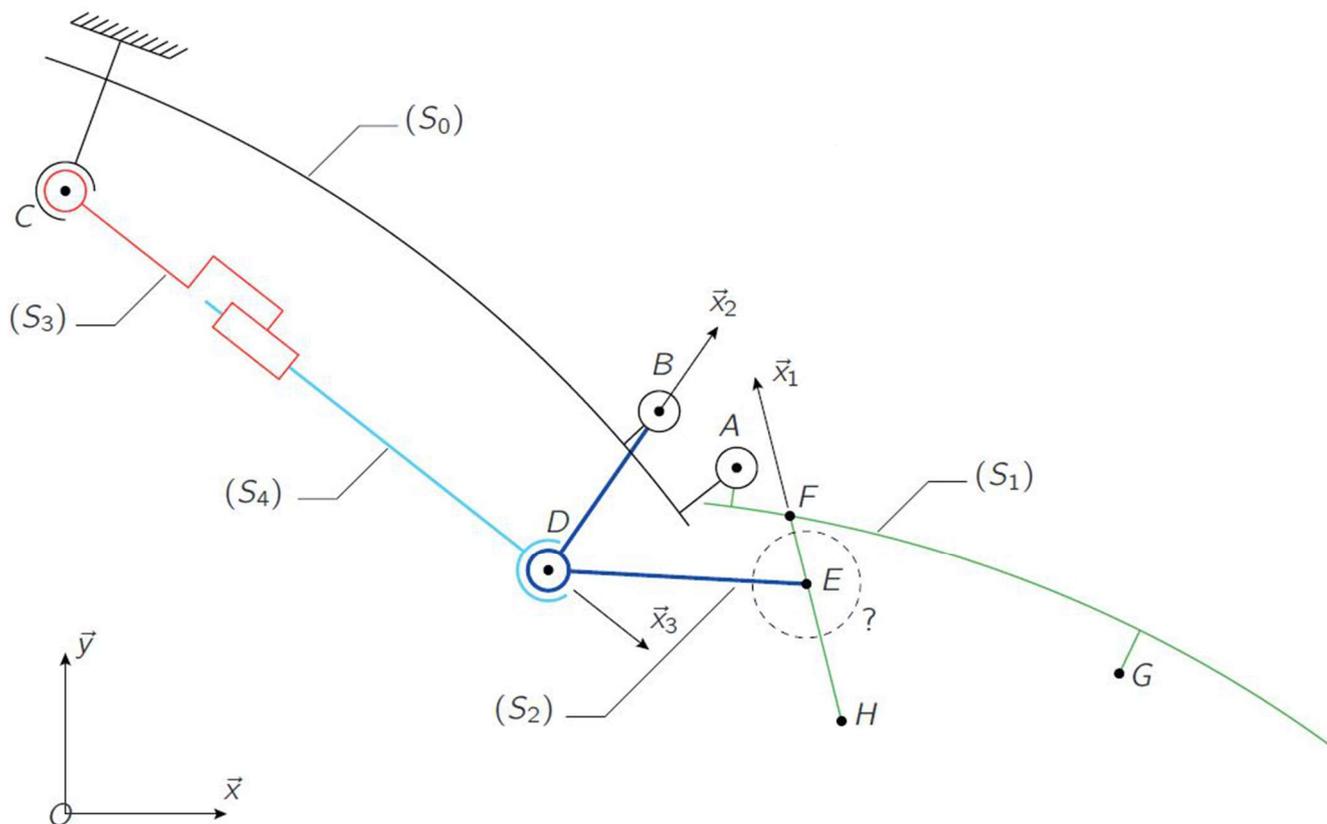
$$\overline{AF} = -c_1 \vec{x}_1 - d_1 \vec{y}_1$$

$$\overline{BD} = -a_2 \vec{x}_2$$

$$\overline{BE} = -b_2 \vec{x}_2 - c_2 \vec{y}_2$$

2.1 – Analyse du mécanisme

Q1. Compléter le schéma cinématique du document réponse avec la liaison adéquate.



Q2. Pour les trois liaisons citées dans le document réponse, donner les formes des taux de rotation et des vitesses de translation.

Pivot d'axe (A, \vec{z}_0) :

Glissière de direction \vec{x}_3 :

Sphérique de centre C :

Q3. À l'aide de la description du mécanisme et du schéma cinématique partiel donné en document réponse, réaliser le graphe des liaisons.

Q4. Tracer les figures du changement de base associées au paramétrage du mécanisme d'ouverture de la porte cargo.

2.2 – Calcul de la vitesse de l'actionneur

À l'aide de la modélisation faite dans la partie précédente, une modélisation analytique du mécanisme permettra de calculer la vitesse de l'actionneur pour choisir ce dernier permettant de respecter l'exigence 1.4.2. Une première étude géométrique du mécanisme a permis d'obtenir une course nécessaire de l'actionneur linéaire de $\Delta\lambda = 150 \text{ mm}$.

Q5. Soit \bar{V} la vitesse moyenne de l'actionneur linéaire. Donner la relation entre \bar{V} , le temps d'ouverture T et la course $\Delta\lambda$. Faire l'application numérique pour déduire la vitesse moyenne nécessaire pour respecter l'exigence de temps d'ouverture.

Q6. À l'aide d'une fermeture géométrique à préciser, donner la relation entre la longueur de l'actionneur λ et l'angle θ_2 sous la forme :

$$\lambda = g(\theta_2)$$

Q7. À l'aide de la fermeture géométrique (ABEF), donner une relation entre les angles θ_1 et θ_2 sous la forme :

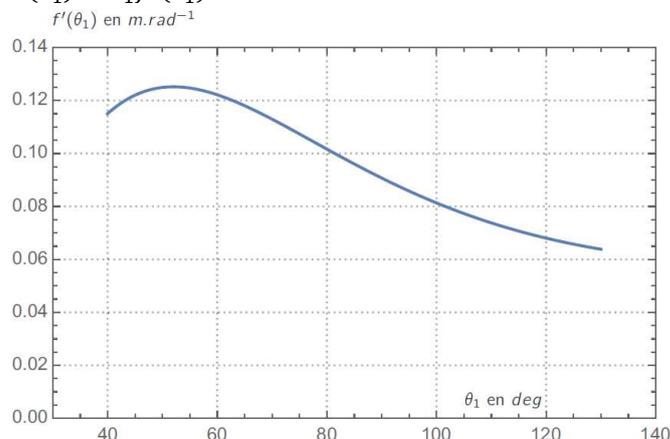
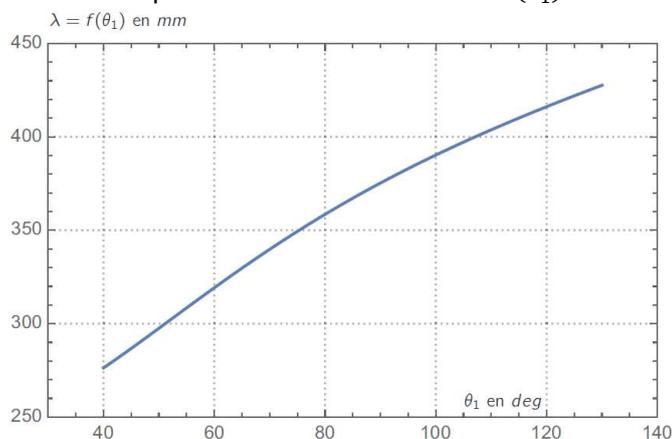
$$h(\theta_1, \theta_2) = 0$$

Avec les relations énoncées précédemment, on peut calculer la loi d'entrée-sortie du mécanisme sous la forme :

$$\lambda = f(\theta_1)$$

Cette loi a été calculée numériquement et son tracé est présenté dans le document-réponse ainsi que sa dérivée $f'(\theta_1)$ en fonction de θ_1 .

Q8. Montrer que la vitesse de l'actionneur $V(\theta_1)$ est de la forme $V(\theta_1) = \dot{\theta}_1 f'(\theta_1)$.



Q9. Si l'on souhaite que la vitesse angulaire de la porte $\dot{\theta}_1$ soit au moins de $3^\circ \cdot \text{s}^{-1}$ pour toute configuration entre la position fermée et la position ouverte, quelle doit être la vitesse linéaire de l'actionneur en $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$? On détaillera le raisonnement de manière littérale. Pour l'application numérique, on veillera à justifier les valeurs employées par des tracés sur les figures données en document réponse.

3. Choix d'une architecture pour la transmission interne de l'actionneur linéaire

Pour l'actionneur linéaire, la solution constructive imaginée s'inspire fortement des conceptions déjà réalisées dans l'entreprise. L'architecture proposée est présentée en figure 5 et est la suivante :

- un moteur électrique à courant continu convertit l'énergie électrique en énergie mécanique ;
- un réducteur à trois étages de réduction permet d'adapter la puissance fournie par le moteur ;
- un système vis-écrou permet de transformer le mouvement de rotation en sortie de réducteur en un mouvement d'allongement de l'actionneur.

L'objectif de cette partie est de choisir le moteur permettant de respecter les exigences cinématiques sur le mécanisme d'ouverture de la porte cargo. Pour la suite de l'étude et quel que soit les résultats obtenus précédemment, on considérera que la vitesse en régime permanent du vérin est de $V = 5 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$.

Dans la suite on utilisera les notations suivantes :

- la vitesse angulaire moteur est notée ω_m ;
- la vitesse angulaire de la vis est notée ω_v ;
- la vitesse linéaire du vérin est notée V ;
- le rapport de transmission du réducteur est noté r tel que $r > 1$. Il est obtenu au moyen de trois étages de réduction consécutifs notés r_1, r_2, r_3 et tels que $r = r_1 r_2 r_3$, comme visible sur la figure 5 ;
- le pas du système vis-écrou est noté p . Il est exprimé en $\text{mm} \cdot \text{tr}^{-1}$;

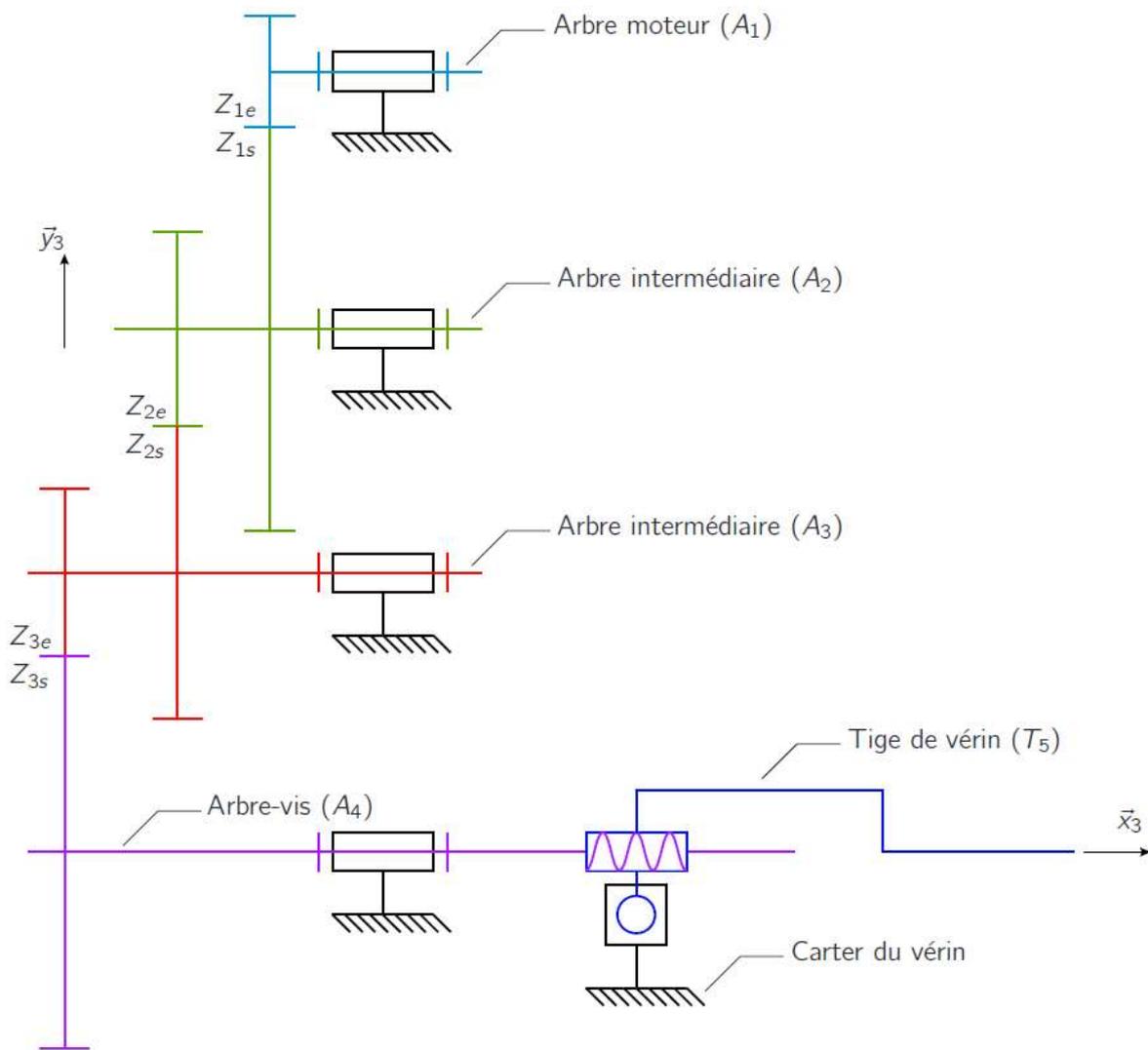


Figure 6 - Schéma cinématique proposé pour le vérin

Q10. Donner la relation permettant de calculer le rapport de transmission r en fonction des caractéristiques données du train d'engrenage.

Q11. Déterminer la relation entre la vitesse du vérin V et la vitesse de rotation du moteur ω_m en fonction de p et r .

Q12. Déterminer la vitesse de rotation N_m en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$ pour la vitesse linéaire du vérin attendue. Pour l'application numérique, on prendra un rapport $\frac{p}{r} = \frac{3}{70} \text{ mm} \cdot \text{tr}^{-1}$.

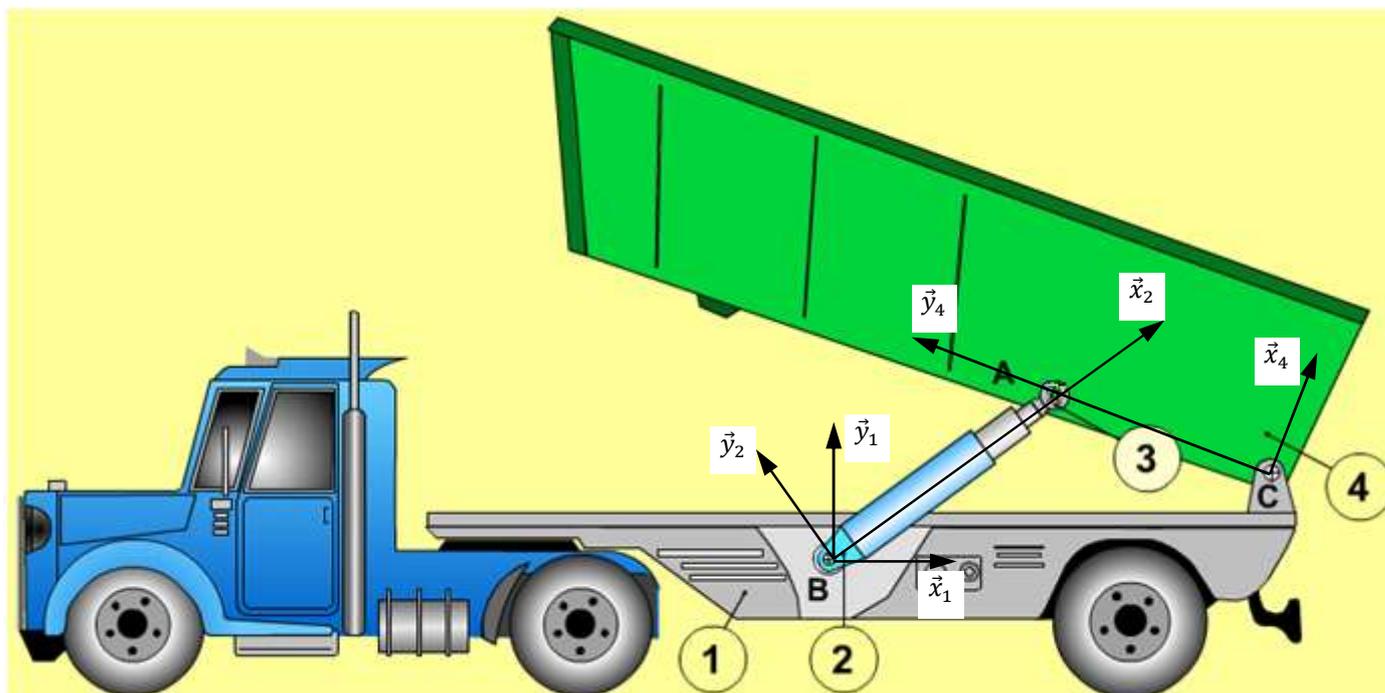
Une liste des moteurs à courant continu disponibles chez le fournisseur est proposée dans le document réponse.

Q13. Encadrer **avec de la couleur** trois références de moteurs à courant continu permettant de respecter la cinématique attendue. Justifier brièvement votre réponse.

Référence	D en mm	P en W	U en V	N en tour/min	C en mN.m
DCX-35-80-12	35	80	12	8130	77.7 mN.m
DCX-35-80-18	35	80	18	7200	120 mN.m
DCX-35-80-24	35	80	24	7720	121 mN.m
DCX-35-80-36	35	80	36	7940	128 mN.m
DCX-35-80-48	35	80	48	6670	138 mN.m
DCX-35-80-60	35	80	60	7690	134 mN.m
RE-35-90-15	35	90	15	7200	74.2 mN.m
RE-35-90-30	35	90	30	7280	102 mN.m
RE-35-90-42	35	90	42	7580	106 mN.m
RE-35-90-48	35	90	48	7310	104 mN.m
RE-40-150-12	40	150	12	6920	94.9 mN.m
RE-40-150-24	40	150	24	7580	177 mN.m
RE-40-150-48	40	150	48	7590	187 mN.m
RE-50-200-24	50	200	24	5950	405 mN.m
RE-50-200-36	50	200	36	5680	418 mN.m
RE-50-200-36	50	200	36	5680	400 mN.m
RE-50-200-48	50	200	48	4900	420 mN.m
RE-50-200-70	50	200	70	2760	452 mN.m

Références de moteurs à courant continu avec le diamètre extérieur D du stator, la puissance nominale P , la tension d'alimentation conseillée U , le régime nominal N , le couple nominal C .

EXERCICE 3518 : CAMION BENNE



Un vérin télescopique (corps 2 + tige 3) permet de soulever une benne 4 par rapport à une remorque 1.

Les différentes distances fixes du système sont notées a, b et c telles que :

$$\begin{aligned} \overline{BC} &= a\vec{x}_1 + b\vec{y}_1 \\ \overline{CA} &= c\vec{y}_4 \end{aligned}$$

Les différents paramètres du système sont notés :

$$\overline{BA} = x\vec{x}_2$$

$$\begin{aligned} \alpha &= (\vec{x}_1, \vec{x}_2) \\ \beta &= (\vec{x}_1, \vec{x}_4) \end{aligned}$$

Q1. Déterminer x en fonction de a, b, c et β .

1. Présentation des tunneliers

Mesurant plus de 100 mètres de long et 10 mètres de diamètre, le tunnelier a trois fonctions principales :

- creuser le sol rocheux, sableux ou boueux ;
- évacuer les déblais grâce à une vis sans fin, puis par un convoyeur à bande situé à l'intérieur du train suiveur qui les remonte à la surface ;
- installer les parois du tunnel constituées de voussoirs préfabriqués en béton formant des anneaux et assurant la solidité et l'étanchéité.

La roue de coupe ou "tête d'abattage" (figure 2), installée à l'avant du bouclier du tunnelier est équipée de molettes de coupe et de pics en carbure de tungstène pour assurer l'excavation. Derrière elle, une cloison assure l'étanchéité et la protection de la chambre de forage.

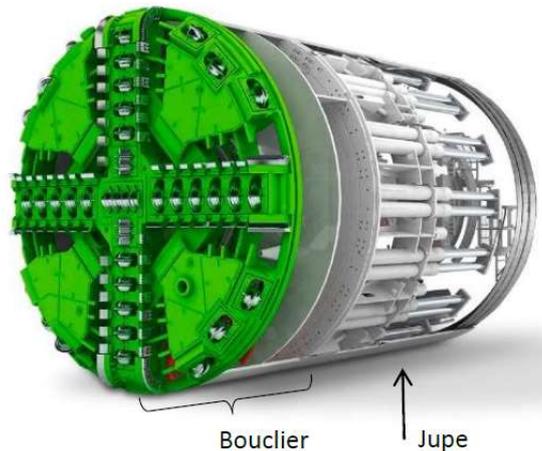


Fig.2. Tête d'abattage et bouclier du tunnelier

Le forage se fait dans des sols rocheux, meubles ou aquifère. Il est essentiel de maintenir une pression suffisante au niveau du front de taille pour éviter un brusque déplacement de matière ce qui aurait pour conséquence de créer un tassement de terrain en surface. Pour maintenir cette pression il existe deux grandes classes de tunneliers se distinguant par leur bouclier (parois extérieures du tunnelier) : les boucliers à front libre (ou ouvert) qui assurent l'excavation et le soutènement latéral du terrain et les boucliers à front pressurisé pour terrain meuble et aquifère qui assurent simultanément un soutènement latéral et frontal du terrain.

Le bouclier est prolongé par une jupe, peau de métal qui recouvre le système d'érection des voussoirs, pour le préserver des terres.

Au fur et à mesure de l'avancement du tunnelier, une vis sans fin (figure 3) permet d'évacuer les déblais. Plus la rotation de la vis est rapide, plus la quantité de déblais évacués est grande et moins la pression est grande.

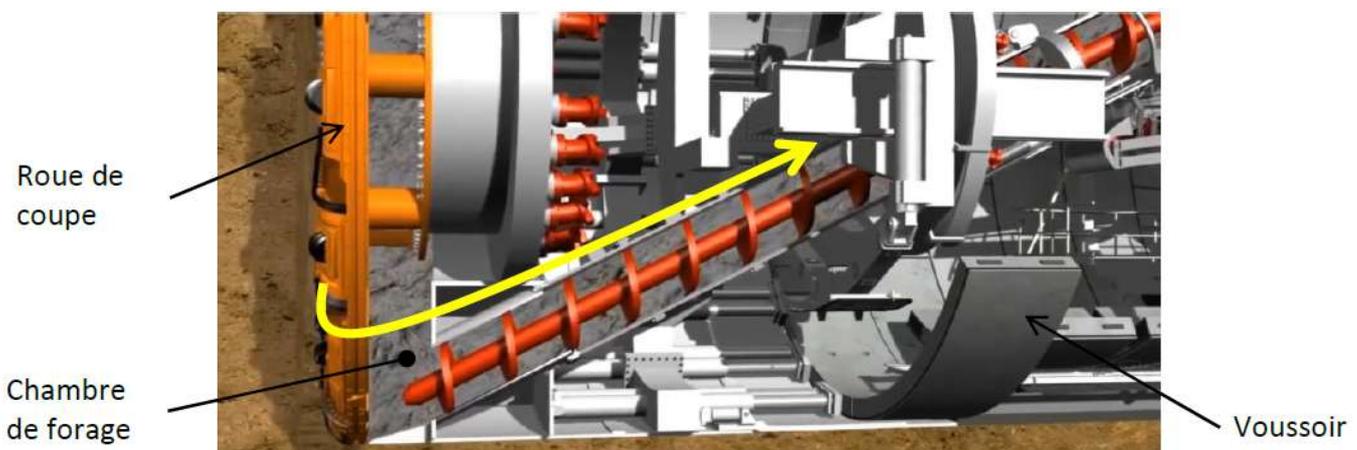


Fig.3 Vis sans fin d'évacuation des déblais.

2. Les érecteurs de voussoirs

L'espace vide créé par le creusement est comblé par la pose d'un anneau, composé de sept voussoirs, ce qui garantit un soutien permanent du tunnel.

Un érecteur, situé à l'arrière de la roue de coupe, est chargé de poser les voussoirs afin de former le nouveau revêtement du tunnel (figure 5). L'anneau est finalisé par l'installation du dernier voussoir appelé « clé de voûte ».

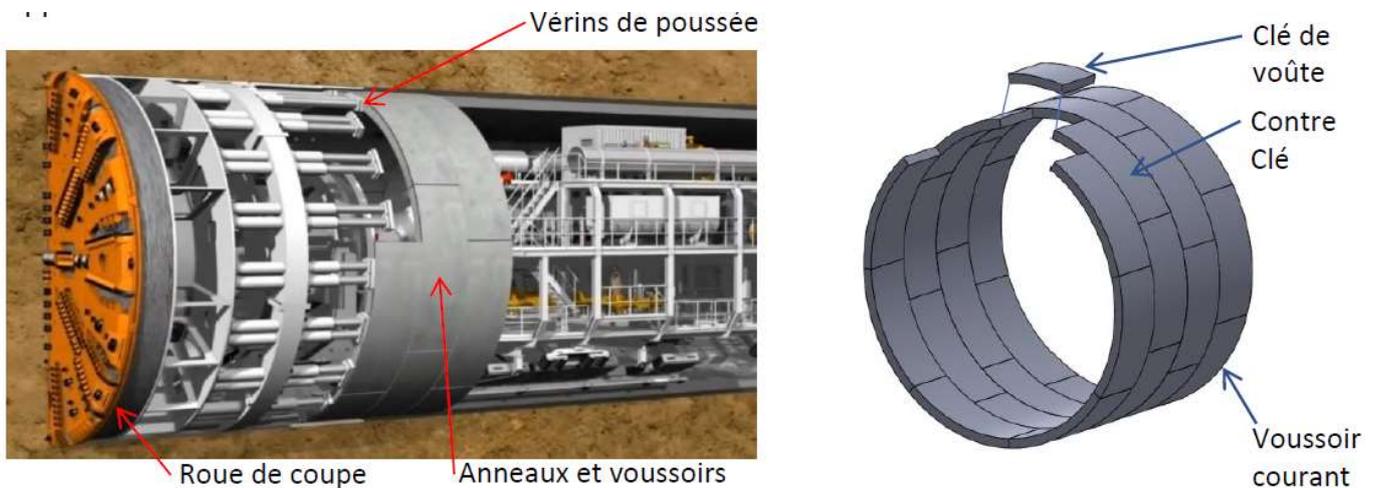


Fig.5 Pose des voussoirs pour former l'anneau.

Durant la pose des voussoirs, le creusement est arrêté. Le tunnelier reprend son avance dans le terrain grâce à la poussée sur des vérins s'appuyant sur le dernier anneau de voussoirs posé. Il se déplace suffisamment pour pouvoir dégager l'espace nécessaire à l'assemblage des nouveaux voussoirs. Ce système permet d'atteindre des cadences allant jusqu'à 18 mètres par jour.

L'érecteur (figure 12) est un manipulateur mécanique à commande hydraulique évoluant à 360° pour assurer la préhension, le positionnement et la dépose unitaire des voussoirs.

Il se compose de quatre éléments principaux que sont : le châssis 0, le chariot longitudinal 1, l'anneau rotatif 2, et le chariot radial 3.

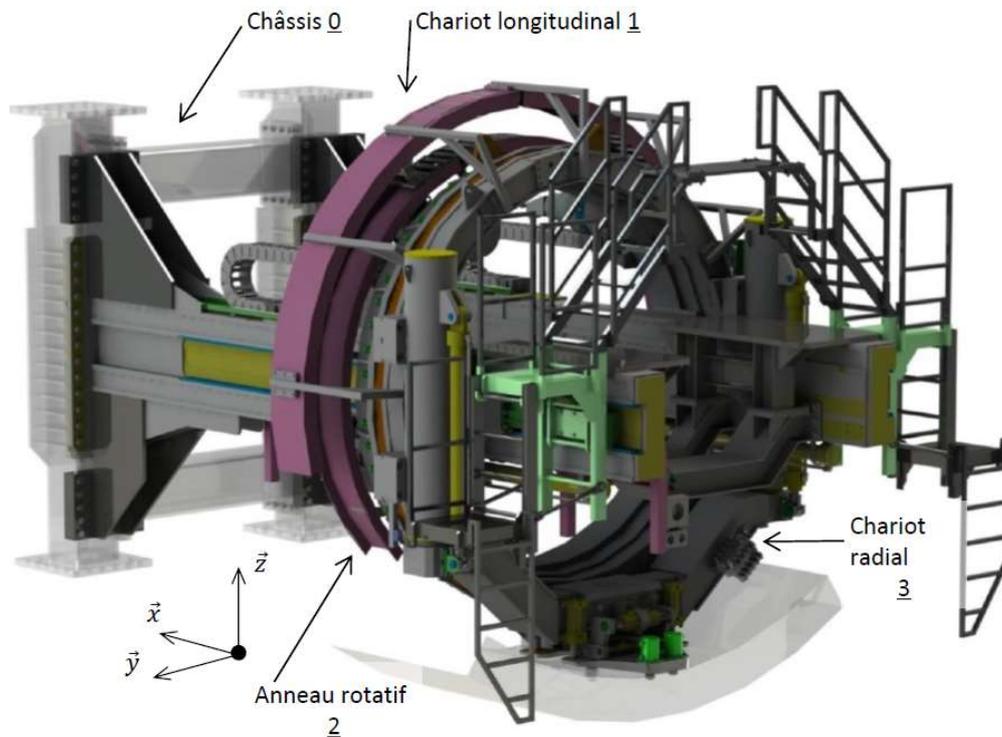


Fig.12 Erecteur de voussoir

L'érecteur (figure 14) assure la mise en place des voussoirs à l'intérieur de la jupe du bouclier en suivant un cycle de pose.

Durant la manipulation des voussoirs par l'érecteur (figure 16), le châssis 0 est fixe, le chariot longitudinal 1 peut se déplacer en translation rectiligne selon \vec{x}_0 par rapport au châssis 0, l'anneau rotatif 2 peut se déplacer en rotation autour

de \vec{x}_0 par rapport au chariot longitudinal 1, et le chariot radial 3 peut se déplacer en translation rectiligne selon une direction radiale \vec{y}_3 par rapport à l'anneau 2.

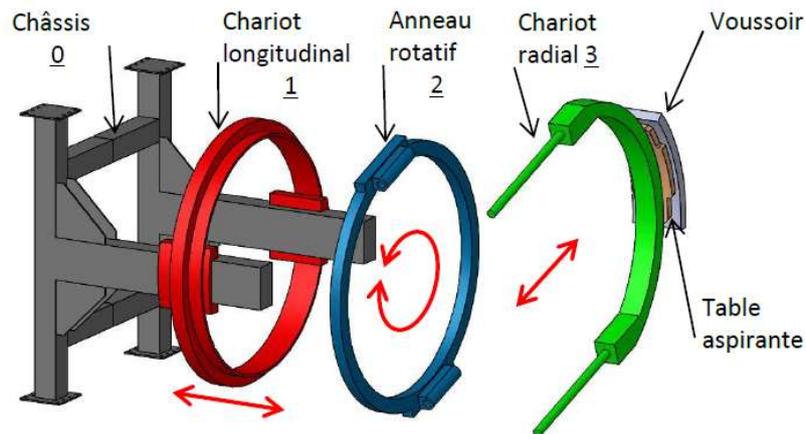


Fig. 14 Constitution de l'érecteur

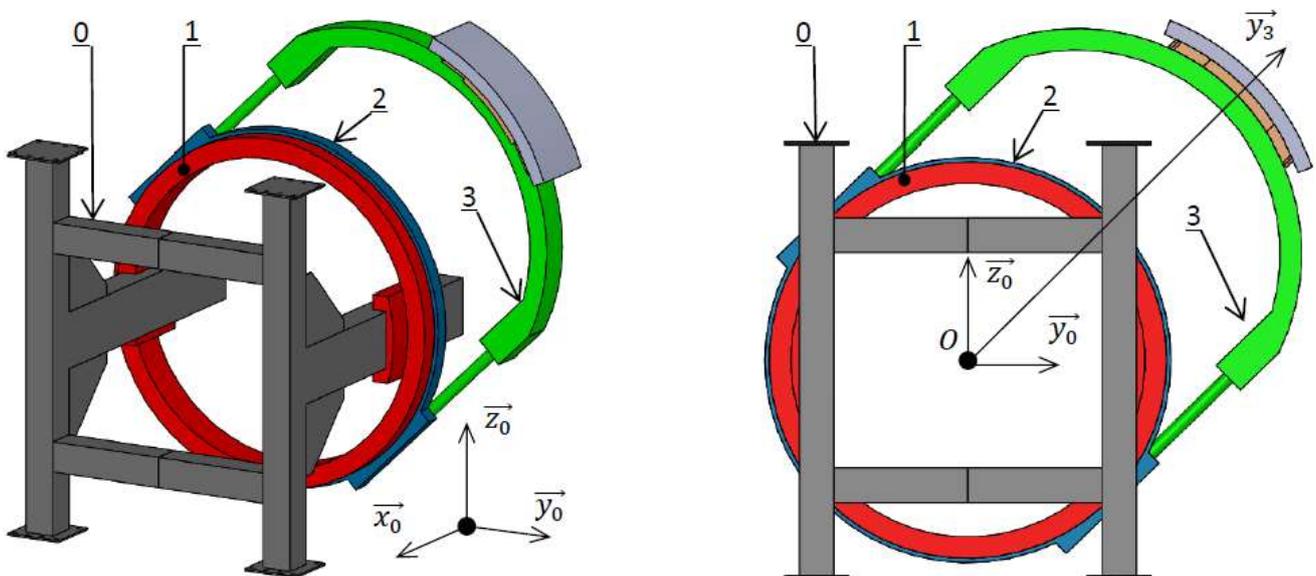


Fig. 21 Modèle 3D simplifié

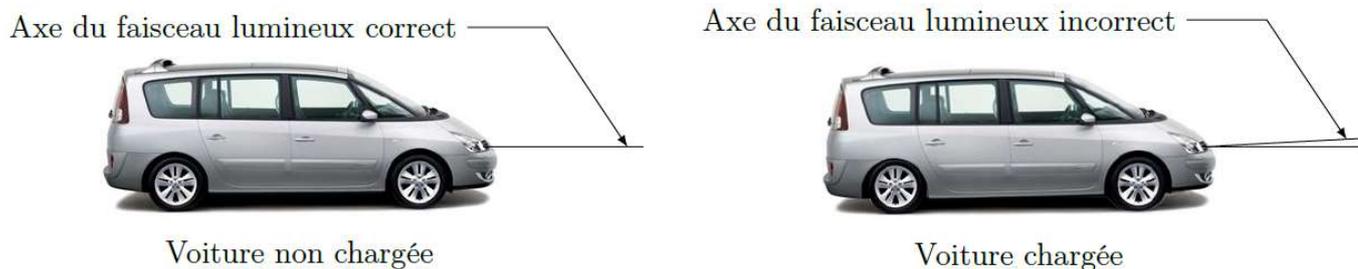
Q1. Donner les noms et les caractéristiques puis établir les expressions des torseurs cinématiques des liaisons entre les solides 0-1, 1-2 et 2-3.

Q2. Etablir les schémas cinématiques paramétrés correspondant aux 2 vues de la figure 21.

EXERCICE 2708 : SYSTEME D'ORIENTATION DES PHARES

1. Présentation du système

L'assiette (l'inclinaison) d'un véhicule se modifie avec sa charge, le profil de la route ou les conditions de conduite (phase de freinage ou d'accélération). Cette modification entraîne une variation d'inclinaison de l'axe du faisceau lumineux produit par les phares du véhicule. Ceux-ci peuvent alors éblouir d'autres conducteurs ou mal éclairer la chaussée.

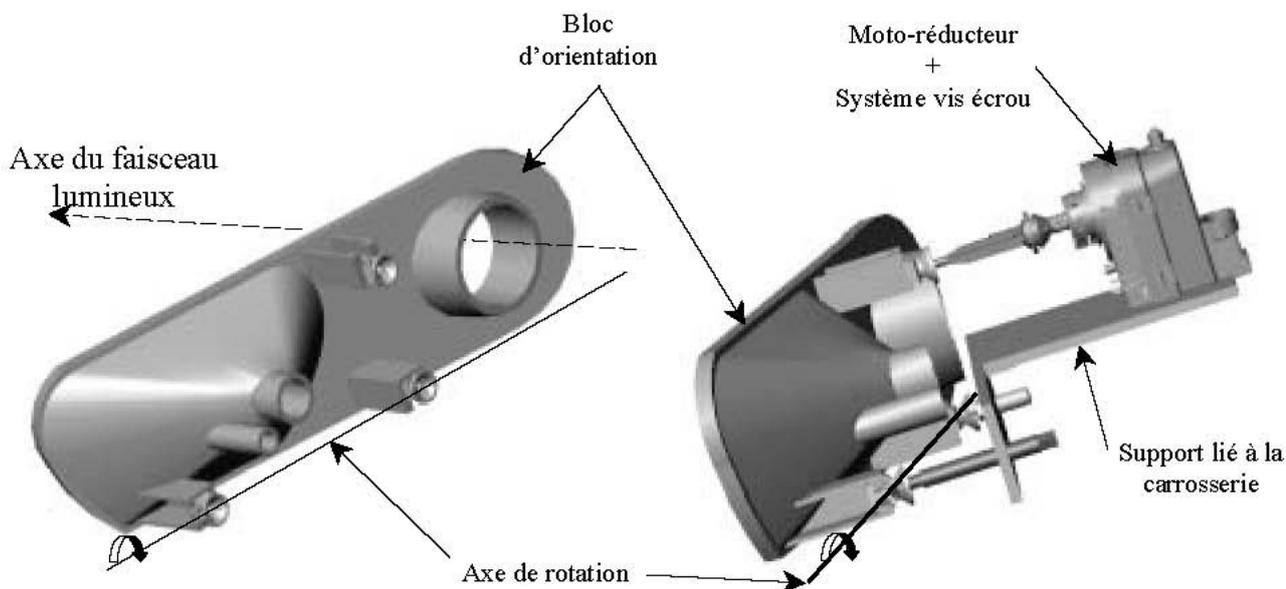


Certaines voitures sont équipées de système de correction dynamique de portée. Ce système fait appel à des capteurs d'assiette reliés aux essieux avant et arrière du véhicule. Les données sont traitées électroniquement par un calculateur et transmises aux actionneurs situés derrière les projecteurs. La position du projecteur est ajustée en maintenant un angle de faisceau optimal évitant tout éblouissement et fournissant le meilleur éclairage de la route.

Le correcteur de portée est constitué des éléments suivants :

- **Capteurs d'assiette** : codeurs optiques permettant de mesurer le débattement des suspensions.
- **Système d'orientation** : bloc d'orientation + moto-réducteur + système vis écrou

Le bloc d'orientation supporte les différentes lampes du phare (codes, clignotants...). Il peut pivoter par rapport au support lié à la carrosserie autour d'un axe horizontal (axe de rotation indiqué sur la figure ci-dessous). Le bloc est protégé par une vitre liée à la carrosserie. Ce mouvement est motorisé grâce au moto-réducteur + système vis écrou. Il existe aussi une possibilité de réglage manuel en sortie d'usine ou en cas de défaillance du système électrique.



- **Calculateur** : à partir des données des capteurs d'assiette, le calculateur pilote le moto-réducteur.

2. Etude géométrique

Le système peut être représenté par le schéma cinématique plan (échelle 1 : 1) ci-dessous.
Il est ici en position initiale.

La vis 1 est en liaison glissière de direction \vec{x}_0 avec le support 0.

La bielle 2 est en liaison pivot d'axe (A, \vec{z}_0) avec la vis 1, et en liaison pivot d'axe (B, \vec{z}_0) avec le bloc d'orientation 3.

Ce bloc d'orientation est en liaison pivot d'axe (C, \vec{z}_0) avec le support 0.

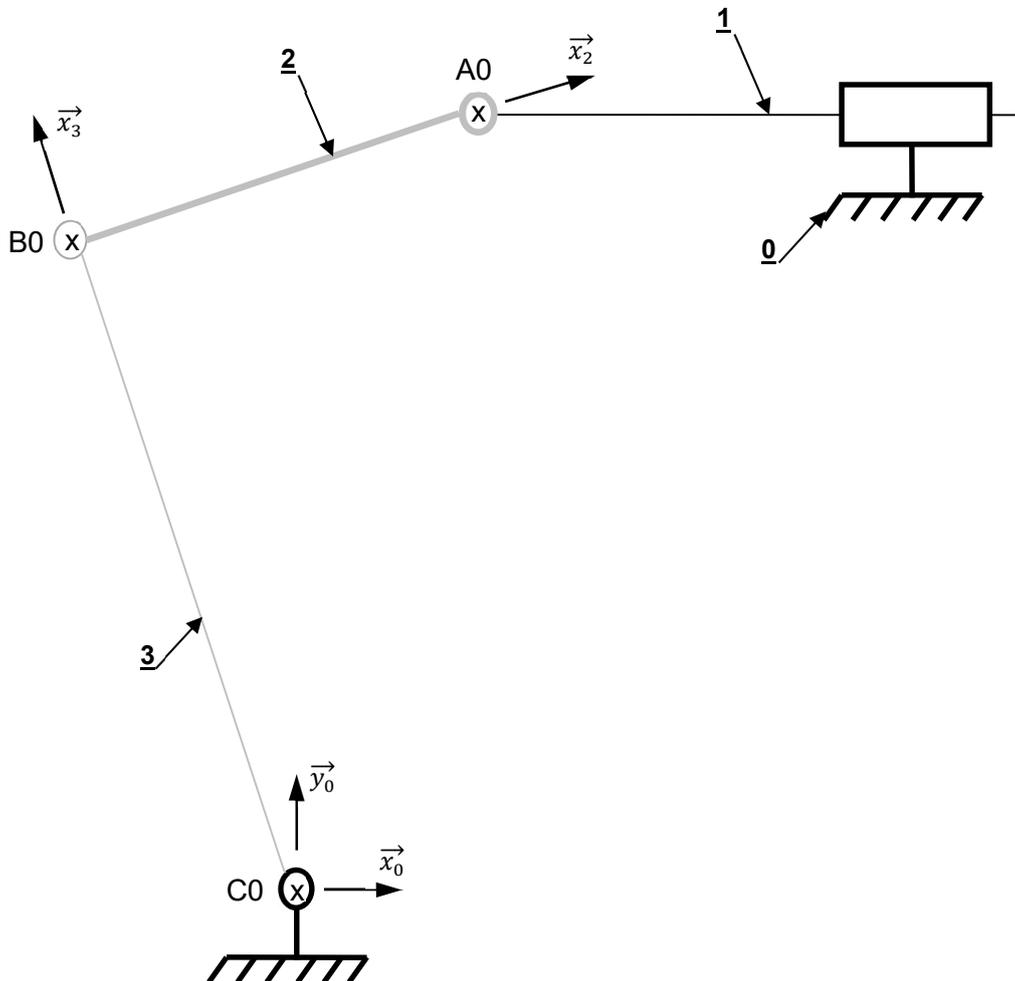


Figure 1 : Schéma cinématique

On suppose une vitesse constante et positive pour la translation de la vis 1 et une course de 4 cm.
Le temps entre 2 instants successifs est constant.

Q1. Représenter sur le schéma cinématique la position des points A et B aux instants $i = 1$ à 4. Expliquer brièvement les constructions.

Q2. En déduire la variation angulaire du bloc d'orientation 3 correspondant à la course de la vis 1.

Eléments de réponse

Exercice 3518: $x^2 = [a^2 + b^2 + c^2 + 2c (b \cos \beta - a \sin \beta)]$