Concours Centrale-Supélec, France

Session 2003, filière PSI

Sciences industrielles de l'ingénieur

Ce que traite le sujet

- Partie I : présentation du système de volets
- Partie II : mécanisme de guidage d'un volet
- Partie III : choix de l'actionneur hydromécanique

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/centrale/psi/2003/si

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

SCIENCES INDUSTRIELLES

Il est recommandé de lire tout le texte avant de commencer la rédaction. Il est demandé de porter une attention particulière à la construction des réponses et à la présentation de la copie.

Système de volets pour avion civil (A319-A320)



Airbus A319 à l'atterrissage avec les volets déployés

I - Présentation du système de volets

I-1 - Justification du besoin

Objectif : Justifier la présence du système de volets en phase de décollage et d'atterrissage.

Du point de vue aérodynamique, la géométrie de l'avion et plus particulièrement les ailes sont optimisées pour les conditions de croisière pendant laquelle il s'agit de déplacer une masse de 70 tonnes à 870 km/h et à 13 000 mètres d'altitude.

Filière PSI

Question 1 - Exprimer et caractériser deux fonctions de service attendues pendant cette phase de vol de l'avion.

En vol, l'action de l'air sur l'avion peut être modélisée par un glisseur au point P, centre de poussée, que l'on peut décomposer en un effort de portance $\overrightarrow{Rz}$, et un effort de traînée $\overrightarrow{Rx}$, colinéaire à la vitesse de P par rapport à l'air (figure 1).

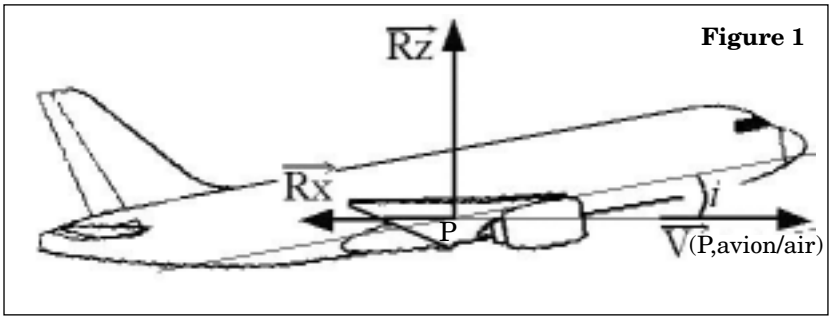


Figure 1

Ces deux forces ont pour expression :

$$\left\|\overrightarrow{Rz}\right\| = \frac{1}{2}\rho S V^2 Cz \text{ et } \left\|\overrightarrow{Rx}\right\| = \frac{1}{2}\rho S V^2 Cx$$

où ρ est la masse volumique de l'air, S la surface totale de la **voilure (constituée de l'aile gauche et de l'aile droite**), V la vitesse de l'avion par rapport à l'air, Cz et Cx les coefficients de portance et de traînée (sans dimension) qui dépendent de l'angle d'incidence i (voir figure 2).

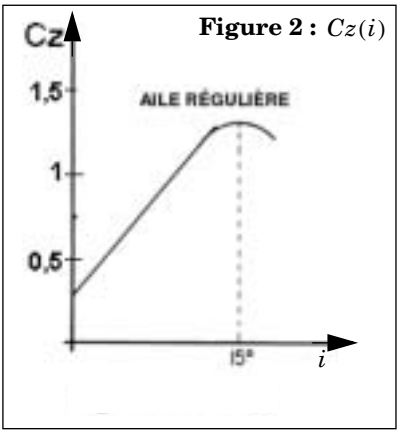


Figure 2 : $Cz(i)$

Question 2 - En appliquant le principe fondamental de la dynamique à l'avion en vol en palier stabilisé (altitude et vitesse constante), calculer le coefficient Cz (voir Tableau 1). Conclure quant à la pertinence de la voilure à assurer la sustentation de l'avion pendant le vol de croisière.

Tableau 1 :

Données numériques	À l'atterrissage (altitude 0 m)	Croisière (altitude 13000 m)
ρ masse volumique de l'air	$1,22\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$0,3\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
S surface totale de la voilure	$123\ \text{m}^2$	$123\ \text{m}^2$
V vitesse de l'avion/air	$230\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	$870\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$
M masse de l'avion	70 tonnes	70 tonnes

Le champ de pesanteur est défini par $\vec{g} = -g\vec{z}$ avec $\vec{z}$ vertical ascendant et g l'accélération de pesanteur. On prendra $g = 9,81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

La longueur des pistes sur les aéroports étant limitée, les vitesses de décollage et d'atterrissage sont très différentes des conditions aérodynamiques optimales. Il est donc nécessaire pour ces configurations de vol à basse vitesse d'améliorer le comportement aérodynamique en modifiant temporairement le profil de la voilure : c'est le rôle des volets de bord de fuite et des becs de bord d'attaque (voir figure 3).

Figure 3 : Écoulement autour d'un profil d'aile muni de bec et de volet

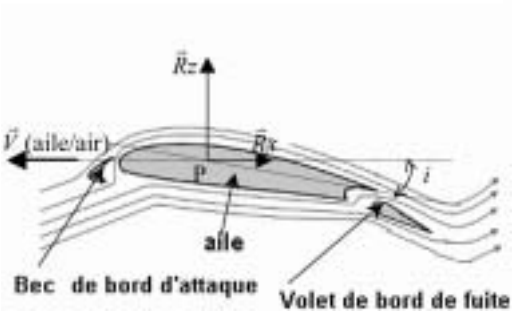
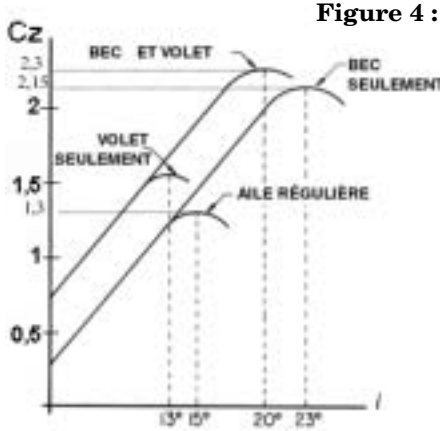


Figure 4 :



La figure 4 représente l'évolution du coefficient Cz en fonction de i, dans quatre configurations différentes : voilure sans dispositif additionnel (notée aile régulière), voilure avec bec seulement (notée bec seulement), voilure avec volet seulement et voilure avec les deux dispositifs (bec et volet). Les 4 courbes $Cz = f(i)$ sont croissantes et présentent un coefficient de portance Cz_{max} pour un angle d'incidence i_{max} au delà duquel la portance décroît brusquement et

l'avion décroche :par exemple, dans la configuration aile régulière $Cz_{max} = 1,3$ pour $i_{max} = 15°$.

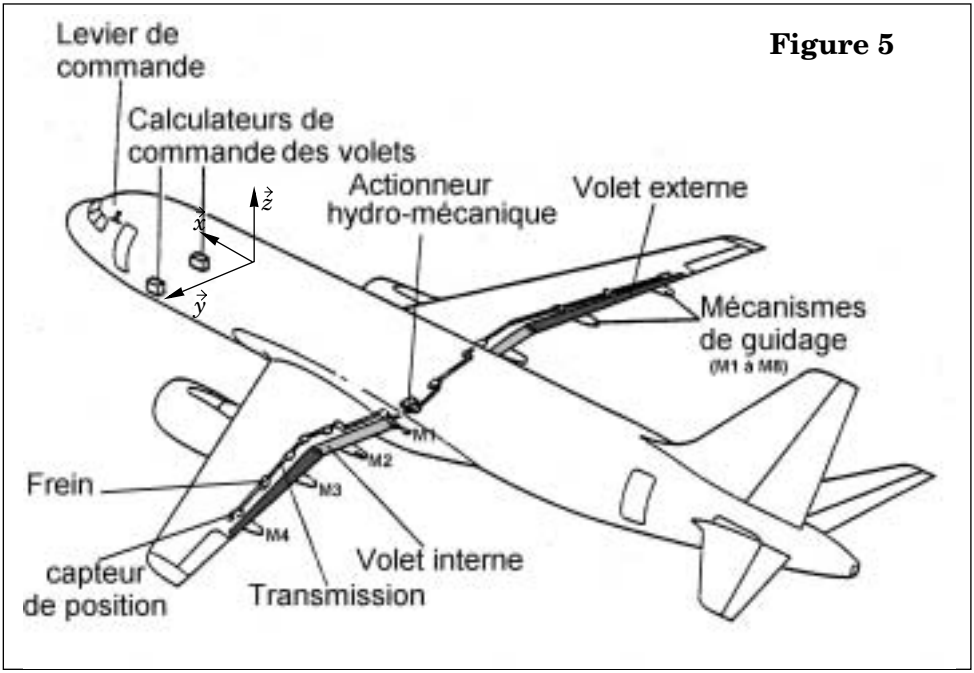
Question 3 - En utilisant les données numériques du tableau 1, montrer que la configuration {bec et volet} est indispensable pour permettre l'atterrissage de l'avion dans les conditions imposées (l'accélération verticale de l'avion en phase d'atterrissage est négligeable devant g). Préciser l'angle d'incidence nécessaire à cette phase de vol.

I-2 - Description du système (figure 5)

Ces deux dispositifs, bec et volet, augmentent fortement l'effort de portance mais aussi l'effort de traînée. Ils sont utilisés uniquement pendant le décollage et l'atterrissage. Il est donc nécessaire d'implanter sur les ailes un dispositif qui permette de les « sortir » et de les « rentrer ».

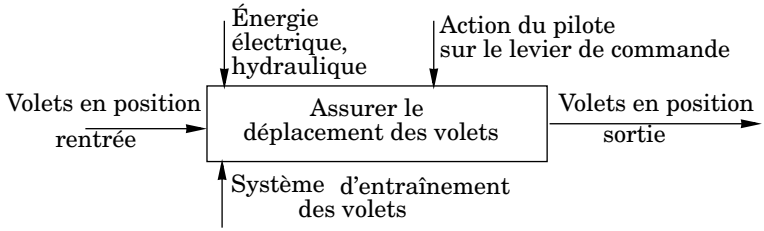
On se limite à l'étude du dispositif d'entraînement des volets. Sur chaque aile sont implantés un volet interne et un volet externe. Chaque volet est guidé et actionné par 2 mécanismes (M1, M2 pour le volet interne et M3, M4 pour le volet externe). Un actionneur hydro-mécanique unique fournit l'énergie mécanique nécessaire à l'entraînement en rotation de l'arbre de transmission, qui au moyen de plusieurs renvois coniques et transmissions par joint de cardan, entraîne le bras de commande de chacun des 8 mécanismes de guidage.

Figure 5

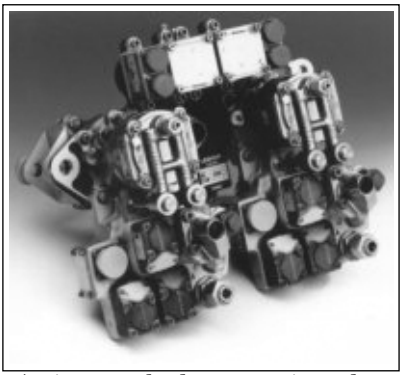


L'ordre de rentrer ou de sortir les volets est donné par le pilote en actionnant le levier de commande situé dans le poste de pilotage. Cet ordre est transmis à deux calculateurs identiques qui commandent la position des volets. En comparant les informations fournies par les 2 capteurs de position situés aux extrémités de la chaîne de transmission, il est possible de détecter le blocage ou au contraire le mouvement intempestif d'une transmission. Dans ce cas, 2 freins (un dans l'aile gauche, un dans l'aile droite) sont actionnés immédiatement.

Diagramme SADT de niveau A-0



Question 4 - Compléter sur le document réponse 1, le diagramme SADT de niveau A0 du système, en mentionnant les moyens permettant de réaliser chaque fonction.



Actionneur hydro-mécanique de l'A320 (photo Liebherr)

L'actionneur hydro-mécanique (figure 6) est constitué de 2 moteurs hydrauliques identiques qui fonctionnent simultanément et qui possèdent 2 sens de rotation pour rentrer et sortir les volets. En cas de panne d'un des 2 moteurs ou d'un circuit hydraulique d'alimentation, un frein à « manque de pression » (P« off ») permet d'immobiliser l'arbre correspondant du moteur, même en l'absence de fluide sous pression.

Le mouvement de rotation de chaque arbre moteur est transmis à un différentiel dont l'arbre de sortie unique entraîne l'ensemble des 8 mécanismes de guidage (Mi).

Question 5 - Compléter les interactions entre les fonctions $A1$,... $A6$ du diagramme SADT de niveau A0 en utilisant les informations ($E1$, $E2$, $E3$, $E4$, $S1$, $S2$, $S3$ et $S4$) de la figure 6.

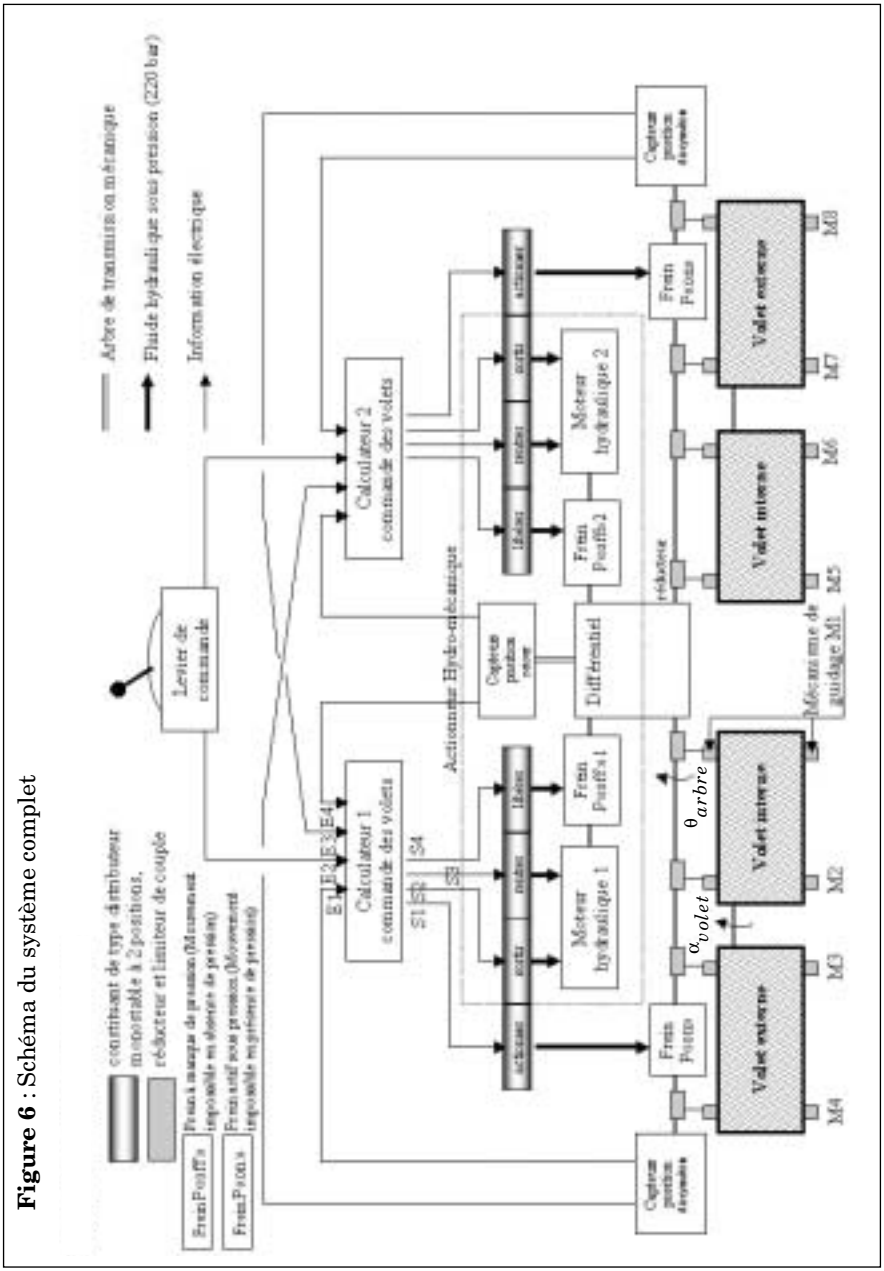
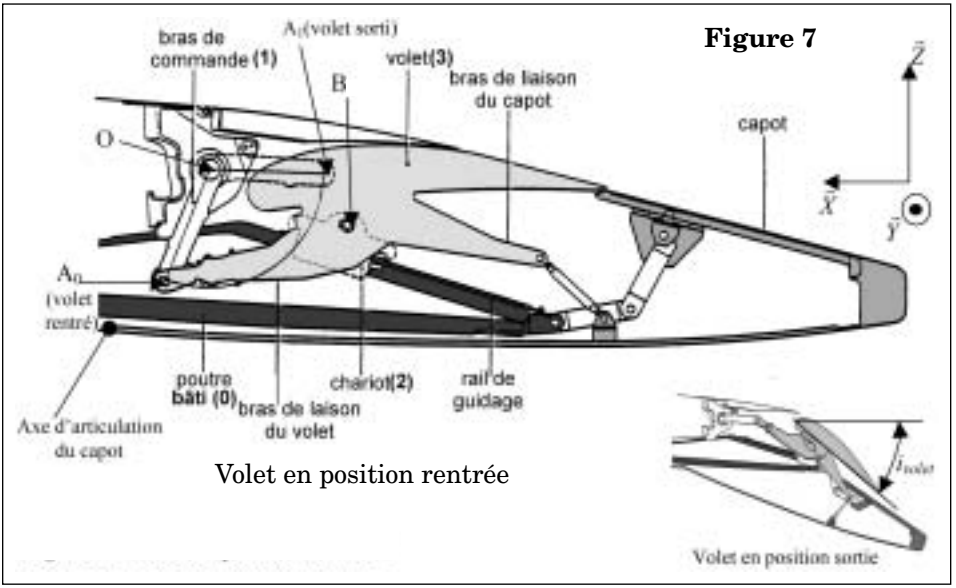


Figure 6 : Schéma du système complet

II - Étude du mécanisme de guidage d'un volet

Les huit mécanismes de guidage Mi sont identiques. Le dessin d'un de ces mécanismes est représenté figure 7 dans le plan $(\vec{Z}, \vec{X})$.

Figure 7



Le bâti $(\mathbf{0})$, solidaire de l'aile est constitué de la poutre et du rail de guidage. Le bras de commande $(\mathbf{1})$, est entraîné en rotation autour de l'axe $(O, \vec{Y})$ par rapport au bâti $(\mathbf{0})$. Le chariot $(\mathbf{2})$ en pointillé sur le schéma est guidé en translation par le rail de guidage. Le volet $(\mathbf{3})$ avec ses 2 bras de liaison est en liaison pivot d'axe $(B, \vec{Y})$ avec le chariot $(\mathbf{2})$ et entraîné dans un mouvement supposé plan par le bras de commande $(\mathbf{1})$. Le déplacement du capot qui protège le mécanisme de guidage n'est pas abordé dans cette étude.

Ainsi, le déploiement du volet $(\mathbf{3})$ est un mouvement plan qui combine une translation et une rotation par rapport au rail de guidage :

- <u>au début du déploiement</u>, le mouvement de translation du volet vers l'arrière est prépondérant. Il s'agit d'augmenter la surface de l'aile et de faire apparaître une fente entre l'aile et le volet pour garder les filets d'air collés contre le profil extérieur de l'aile,
- <u>à la fin du déploiement</u>, le mouvement de rotation du volet est prépondérant. Il s'agit d'augmenter la « cambrure » de l'aile et donc sa portance, mais aussi

sa traînée afin de ralentir l'avion pendant l'approche. **L'angle maximal de braquage du volet en phase d'atterrissage est de 40 degrés**.

Objectif : Valider le mouvement du volet en identifiant les deux phases du mouvement et vérifier la longueur du rail de guidage.

Question 6 - Tracer le schéma cinématique du mécanisme de guidage (chaîne de solides 0-1-2-3), dans l'hypothèse d'un mouvement plan, en utilisant, si possible, une couleur différente pour chaque solide du mécanisme.

Question 7 - Par une analyse graphique de votre choix, vérifier que le mouvement du volet (**3**) est bien assimilable à un mouvement de translation au début du déploiement (points A_0, B_0). Le raisonnement sera détaillé sur la copie et le tracé réalisé sur le document réponse 2.

Question 8 - Démontrer qu'il existe une position particulière des points O, A et B pour laquelle le chariot (**2**) a une vitesse nulle par rapport au bâti (**0**). Tracer sur le document réponse 2, les points A_m et B_m dans cette position particulière. Repérer graphiquement le déplacement maximal effectué par le chariot (**2**) lors du déplacement du volet de la position initiale « 0 » à la position finale « 1 » et justifier le choix de la longueur du rail de guidage (L_{max} représente la longueur maximale utile du rail de guidage pour le déplacement du point B du chariot).

La position rentrée, définie par les points A_0, B_0 correspond à un angle d'inclinaison des volets $i_{volet} = 0°$. La position définie par les points A_m, B_m correspond à $i_{volet} = 40°$ (défini sur la figure 7).

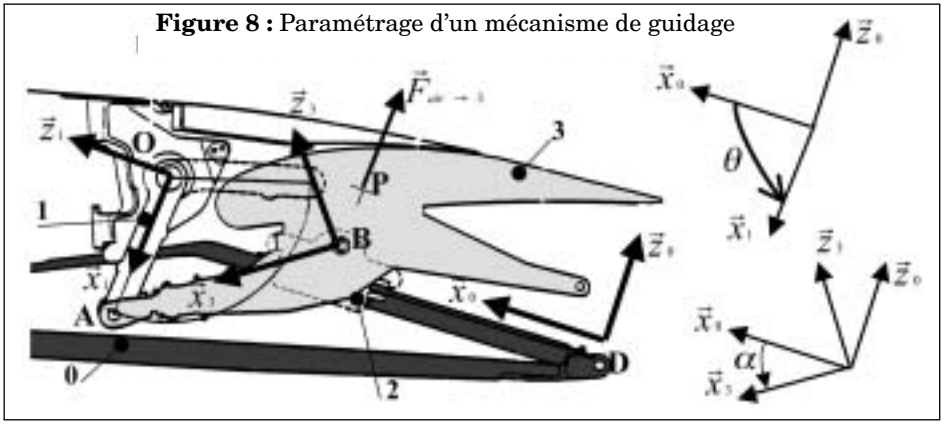
III - Choix de l'actionneur hydro-mécanique

III-1 - Détermination du couple moteur à transmettre aux bras de commande (1)

Lors de la sortie des volets, les efforts aérodynamiques qui s'exercent sur le volet (**3**) augmentent fortement.

Objectif : Déterminer le couple moteur maximum à exercer sur les huit bras de commande pour entraîner le mécanisme.

Figure 8 : Paramétrage d'un mécanisme de guidage



Hypothèses et notations :

Le mécanisme constitué de 4 solides est considéré comme plan. Le paramétrage est :

Bâti (**0**) : repère $(D, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ supposé galiléen.

Bras de commande (**1**) : repère $(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ avec $\vec{y}_0 = \vec{y}_1$ et $(\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{z}_0, \vec{z}_1) = \theta$

Chariot (**2**) : repère $(B, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ avec $\vec{x}_0 = \vec{x}_2$, $\vec{y}_0 = \vec{y}_2$ et $\vec{z}_0 = \vec{z}_2$

Volet (**3**) : repère $(B, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$ avec $\vec{y}_0 = \vec{y}_3$ et $(\vec{x}_0, \vec{x}_3) = (\vec{z}_0, \vec{z}_3) = \alpha$

Le positionnement est défini par $\overrightarrow{OA} = r\vec{x}_1$; $\overrightarrow{BA} = d\vec{x}_3$; $\overrightarrow{BP} = -e_x\vec{x}_3 + e_z\vec{z}_3$ avec $e_x > 0$. L'orientation au cours du déploiement des volets est caractérisée par : $\theta \in [85°, 195°]$ et $\alpha \in [40°, -8°]$ avec $\alpha = (40° - i_{volet})$.

Le torseur des actions mécaniques transmissibles par une liaison entre les solides i et j sera noté :

$$T_{(i\to j)} = \left\{ \begin{matrix} \vec{R}_{i\to j} \\ \vec{M}_{A,i\to j} \end{matrix} \right\}_A = \begin{Bmatrix} X_{i\to j} & L_{i\to j} \\ Y_{i\to j} & M_{i\to j} \\ Z_{i\to j} & N_{i\to j} \end{Bmatrix}_{A,\vec{x}_i,\vec{y}_i,\vec{z}_i}$$

Le mécanisme de guidage est soumis aux efforts extérieurs suivants :

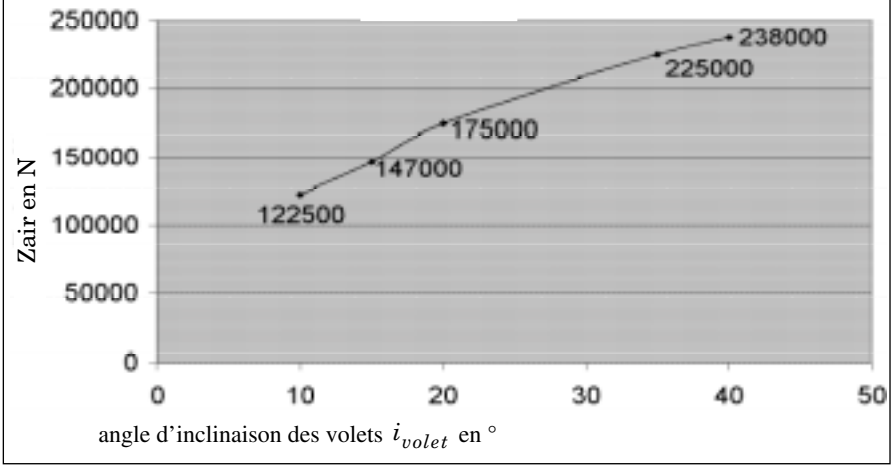
- Effort aérodynamique exercé sur la partie du volet (**3**) entraîné par le mécanisme de guidage :

$$T_{(air\to 3)} = \left\{ \begin{matrix} \vec{F}_{air\to 3} \\ \vec{0} \end{matrix} \right\}_P = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ Z_{air}/8 & 0 \end{Bmatrix}_{P,\vec{x}_0,\vec{y}_0,\vec{z}_0}$$

$Z_{air}\vec{z}_0$ représente la résultante des efforts aérodynamiques qui s'exerce sur tous les volets internes et externes de la voilure.

Pour simplifier l'étude, on suppose que la direction de l'effort aérodynamique est constante au cours du mouvement, pratiquement perpendiculaire à l'axe du rail de guidage

Figure 9 : Évolution de Z air en fonction de l'inclinaison des volets



L'action mécanique exercée par l'actionneur sur le bras (**1**) est modélisée par :

$$T_{(mot \to 1)} = \left\{ \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & C_1 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_{O,\vec{x}_0,\vec{y}_0,\vec{z}_0} .$$

On néglige la masse et l'inertie de toutes les pièces mobiles. On suppose que les liaisons sont parfaites.

Question 9 - : Montrer que le couple moteur C_1 est nul au début du déploiement des volets. On utilisera la propriété démontrée à la 7 et le théorème de l'énergie-puissance avec les hypothèses simplificatrices.

À la fin du déploiement, les efforts aérodynamiques augmentent fortement. On se propose de calculer, en utilisant le principe fondamental de la dynamique, le couple moteur que doit développer l'actionneur hydromécanique.

Question 10 - Proposer la démarche d'isolement qui permet d'exprimer le couple C_1 en fonction de l'effort aérodynamique Z_{air} (3 étapes successives sont nécessaires). Préciser, pour chaque étape, l'ensemble des solides isolés, le bilan des actions mécaniques extérieures, l'équation utile du principe fondamental de la dynamique et l'inconnue qui sera déterminée (sans développer les calculs) .

Question 11 - En suivant la démarche proposée, démontrer que l'expression de C_1 en fonction de $Zair$ est de la forme :

$$C_1 = \frac{r\cos\theta}{d\cos\alpha}(e_z\sin\alpha - e_x\cos\alpha)\frac{Zair}{8} \quad .$$

Question 12 - On se place dans la position particulière déjà étudiée à la 8 (A_m, B_m). Préciser, pour cette configuration caractéristique, les valeurs numériques approchées des angles α et θ (on pourra se contenter de valeurs approchées qui simplifient le calcul). En déduire le couple total $C_T = 8 \cdot C_1$ qui doit être exercé sur l'ensemble des bras de commande des 8 mécanismes de guidage.

Données : $OA = r = 346$ mm , $BA = d = 552$ mm et $e_x = 76$ mm .

III-2 - Validation de l'architecture de l'actionneur hydro-mécanique

Cet actionneur (voir figure 6) est constitué de 2 moteurs hydrauliques M1 et M2 identiques qui fonctionnent simultanément, sauf en cas de panne (exemple : panne d'un des moteurs, panne de l'électro-vanne de commande, panne du calculateur, panne d'un des 2 circuits hydrauliques d'alimentation...). Dans ce cas, le frein à « manque de pression » (P « off ») permet d'immobiliser l'arbre moteur correspondant.

En cas de panne simple (un seul moteur fonctionne), le système de déploiement des volets doit toujours être opérationnel.

La durée du déploiement des volets de la position rentrée à la position de braquage maximum doit être inférieure à 17 secondes en fonctionnement normal et inférieure à 34 secondes dans le mode de fonctionnement dégradé.

Objectif : Vérifier que l'architecture retenue pour l'actionneur hydro-mécanique permet le fonctionnement du système des volets en mode normal (les 2 moteurs fonctionnent) ainsi qu'en mode dégradé (un seul moteur fonctionne).

Le mouvement de rotation de chaque arbre moteur est transmis à un différentiel (voir le schéma cinématique de la figure 10), constitué des roues coniques **1**, **2**, **3** et du porte-satellite **4** qui entraîne la roue dentée **5** solidaire de l'arbre de transmission, vers les 2 ailes droite et gauche.

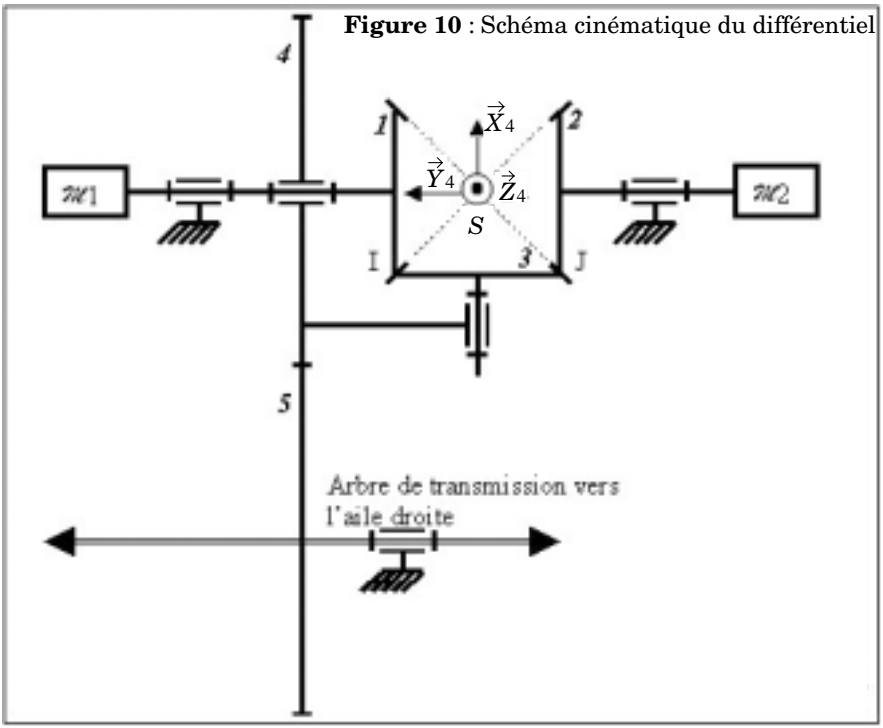


Figure 10 : Schéma cinématique du différentiel

Notations : On note G_i le centre d'inertie de la roue i (situé sur l'axe de symétrie de la roue), R_{pi} le rayon primitif de la roue i, et Z_i le nombre de dents de la roue i. On a de plus : $Z1 = Z2 = Z3$ et $Z4 = Z5$.

La vitesse de rotation de la roue i par rapport à un solide j est notée $\vec{\Omega}_{i/j} = \omega_{i/j}\ \vec{u}$.

Question 13 - Déterminer, en écrivant les conditions de roulement sans glissement au point I et au point J, la relation liant les vitesses de rotation $\omega_{1/0}$, $\omega_{2/0}$ et $\omega_{4/0}$.

On étudie les 2 cas de fonctionnement suivants, en régime permanent (toutes les vitesses de rotation sont constantes) :

- cas n°1 (conditions normales de fonctionnement) : les 2 moteurs identiques M1 et M2 fonctionnent simultanément, tournent à la même vitesse avec le même sens de rotation $(\omega_{1/0} = \omega_{2/0} = \Omega = cste)$. L'action mécanique exercée par les moteurs M1 et M2 sur les arbres des roues est représentable par 2 couples identiques de moment $C_m\overrightarrow{Y_4}$.
- cas n°2 (mode de fonctionnement dégradé) : le moteur M1 est en panne, le frein immobilise donc l'arbre de la roue **1**. L'action mécanique exercée par le moteur M2 sur l'arbre de la roue est représentable par le couple de moment $C'_m\overrightarrow{Y_4}$.

Hypothèses : La masse des différentes roues dentées est négligeable. Le rendement du différentiel est noté η_{dif}.

On appelle C_4 le moment par rapport à l'axe $(S, \vec{Y}_4)$ des actions exercées par la roue **5** sur la roue **4**. Il s'agit du couple ramené sur l'axe de la roue **4** nécessaire pour entraîner le déploiement des volets.

Les moteurs hydrauliques M1 et M2 ont été choisis pour assurer le fonctionnement en mode normal : Ω est compatible avec le déploiement des volets en moins de 17 secondes et le couple C_m fourni par chaque moteur permet l'entraînement des volets.

Question 14 - Comparer la vitesse de rotation $\omega_{4/0}$ dans les cas n°1 et 2. Comparer les moments C_m et C'_m. L'architecture retenue permet-elle d'assurer le fonctionnement en mode dégradé ? Justifier.

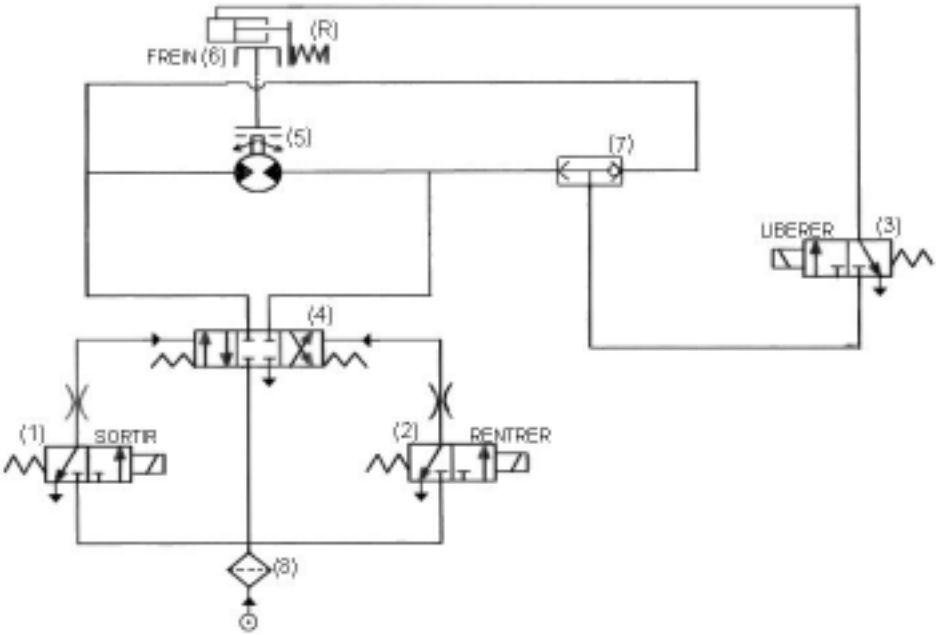
IV - Commande de l'actionneur

IV-1 - Étude du schéma hydraulique

Pour pouvoir rentrer et sortir les volets, on utilise des moteurs à 2 sens de rotation. Seule la commande du moteur hydraulique M1 et du frein à « manque de pression » associé est représentée sur la figure 11.

Objectif : Justifier le choix de la commande du frein à « manque de pression » d'un point de vue sécurité.

Figure 11 : Schéma hydraulique simplifié de la commande du moteur M1 représenté au repos



Retour réservoir « basse pression » Source de pression

Désignation	Numéro
Distributeur 3/2 monostable, à commande électrique	1, 2, 3
Distributeur 4/3	4
Moteur hydraulique M1 à 2 sens de flux	5
Frein à manque de pression	6
Sélecteur de circuit	7
Filtre	8

Fonctionnement du sélecteur de circuit (7)



Fonctionnement du frein (6) : En l'absence de pression, le ressort (R) appuie sur l'armature du frein et le frein reste bloqué. Lorsque la pression arrive dans la chambre gauche du vérin dessiné au-dessus de (6) figure 11, le ressort (R) est comprimé ; il libère ainsi l'armature du frein.

Question 15 - Indiquer la succession des évènements qui permet de sortir les volets en suivant la démarche ci-dessous :

- ordre électrique du distributeur (i) ,
- position du distributeur (i) à dessiner,
- .....
- rotation, sens $R1$, de l'arbre du moteur hydraulique M1.

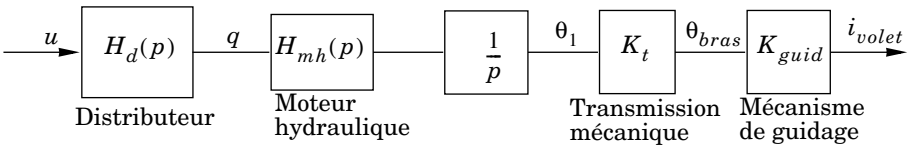
Tous les évènements indiqués ci-dessus doivent intervenir dans la réponse. La simultanéité de plusieurs évènements, si elle existe, devra être clairement précisée.

Question 16 - La commande « libérer » est-elle suffisante pour libérer le frein à manque de pression ? Justifier la réponse.

IV-2 - Analyse de la commande en boucle ouverte

Objectif : Proposer une modification de la tension de commande des volets afin d'assurer la précision de positionnement requise de $0,6°$.

La commande des volets peut être assimilée à une commande en boucle ouverte lorsque les volets se rapprochent de la position de consigne :



Cette chaîne est représentée par les grandeurs suivantes :

- u : tension de commande en volts du distributeur,
- q : débit de sortie en $\mathrm{m}^3 \cdot \mathrm{s}^{-1}$ du distributeur, (dans le schéma simplifié de la figure 11, ce distributeur est de type 4/3)
- θ_1 : angle de rotation en sortie du moteur hydraulique M1,
- θ_{bras} : angle de rotation du bras de commande du mécanisme de guidage des volets,
- i_{volet} : angle d'inclinaison des volets variant entre $0°$ et $40°$,

et les fonctions de transfert :

- $H_d(p)$: fonction de transfert du distributeur qu'on assimile à une fonction du 1er ordre de constante de temps $\tau_d = 8$ ms, $H_d(p) = \dfrac{K_d}{1+\tau_d p}$,
- $H_{mh}(p)$: fonction de transfert du moteur hydraulique qui est modélisé par une fonction de transfert du 2ème ordre

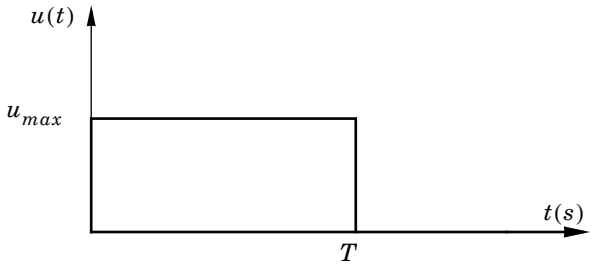
$$H_{mh}(p) = \frac{Kmh}{1 + 2\xi\dfrac{p}{\omega_0} + \dfrac{p^2}{\omega_0^2}},$$

- K_t gain de la transmission entre les positions angulaires de l'arbre du moteur hydraulique M1 et du bras du mécanisme de guidage,
- K_{guid} : gain du mécanisme de guidage,

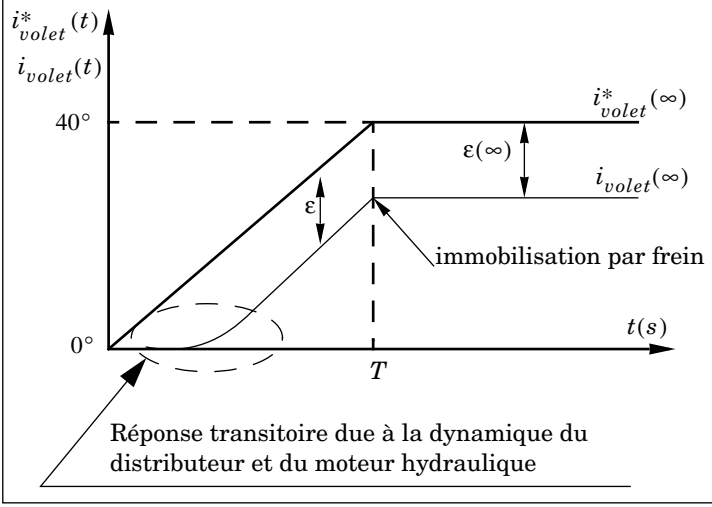
Pour simplifier les notations, on posera $K = K_d \cdot K_{mh} \cdot K_t \cdot K_{guid}$.

Pour assurer l'inclinaison des volets de $0°$ à $40°$, la tension de commande u du distributeur prend la forme d'un créneau d'amplitude u_{max} pendant $T = 17$ s où u_{max} représente la valeur maximale de la tension de commande du distributeur. L'évolution temporelle de ce signal est représentée sur la figure 12 en notant que les fronts de montée et de descente sont utilisés afin de synchroniser la commande des freins à manque de pression des moteurs. On supposera que les freins sont suffisamment efficaces et conduisent à un déblocage ou à une immobilisation immédiate des moteurs dès l'instant de l'ordre de commande.

Tension de commande $u(t)$ **Figure 12**



Réponse « idéale » $i^*_{volet}(t)$ et réponse réelle $i_{volet}(t)$



La réponse « idéale » $i^*_{volet}(t)$ (en gras sur la figure 12) a été tracée en supposant que le distributeur et le moteur hydraulique sont infiniment rapides (ainsi les fonctions de transfert de ces éléments sont assimilés à des gains proportionnels $H^*_d(p) = K_d$ et $H^*_{mh}(p) = K_{mh}$ respectivement).

Question 17 - Donner l'expression de $I^*_{volet}(p)$, en déduire l'expression de $i^*_{volet}(\infty)$ défini sur la figure 12.

La réponse réelle $i_{volet}(t)$ a été tracée en prenant en compte les modèles complets du distributeur et du moteur hydraulique.

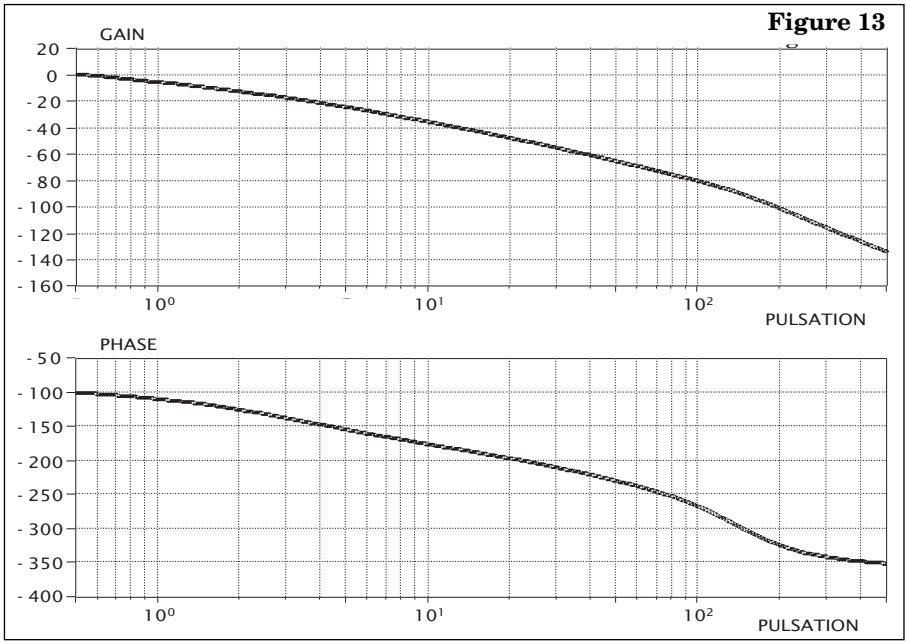
Question 18 - Déterminer la valeur finie de l'écart $\varepsilon(\infty) = i^*_{volet}(\infty) - i_{volet}(\infty)$ en considérant une commande en échelon d'amplitude u_{max}. (on supposera que

la réponse transitoire due à la dynamique du distributeur et du moteur hydraulique est courte devant T)

Question 19 - En déduire la valeur maximale ξ/ω_0 du modèle du moteur hydraulique qui permet d'assurer la précision de positionnement des volets, qui doit être inférieure à $0,6°$ sur toute la plage de déplacement des volets de 0 à $40°$.

La figure 13 représente les diagrammes de Bode de la fonction de transfert $\theta_1(p)/u(p)$ dans la plage $\omega \in [0,5 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}, 500 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}]$.

Figure 13



ω	Gain	Phase
$0,5 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$	1, 5 dB	–99, 5°
$1 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$	–4, 8 dB	–108, 7°
$5 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$	–23, 8 dB	–153, 9°
$10 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$	–34, 9 dB	–175, 4°
$12 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$	–38, 3 dB	–180, 7°
$20 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$	–47, 1 dB	–196, 2°
$50 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$	–64, 9 dB	–229, 7°

Question 20 - En analysant le comportement de la réponse fréquentielle dans la plage de pulsations $[0,5 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}, 50 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}]$, identifier les coefficients ξ et ω_0 du modèle du moteur hydraulique et vérifier que l'objectif de précision de $0,6°$

ne peut pas être respecté. À quel constituant peut-être associée l'évolution du diagramme de Bode au-delà de $50\ \text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$.

Afin d'améliorer la précision, on peut envisager de modifier les instants de commande des freins et du distributeur en allongeant le créneau de la tension de commande $u(t)$.

Question 21 - Représenter sur un schéma semblable à celui de la figure 12, la nouvelle durée T' du créneau de "consigne" $u(t)$, qui permettrait théoriquement d'annuler l'écart $\varepsilon(\infty)$. Déterminer l'expression littérale de l'augmentation $(T' - T)$ de la durée du créneau de "consigne" (on pourra utiliser le résultat de la question 18). Calculer la valeur numérique de $(T' - T)$ en utilisant les paramètres du modèle du moteur hydraulique établis à la question 20.

Cette solution exige d'avoir identifié avec précision le modèle du distributeur et du moteur hydraulique et de plus que ces modèles restent stables dans le temps. Par exemple, une variation de 20% de chacun des paramètres ξ et ω_0 du modèle du moteur hydraulique provoquerait une erreur de $0,3°$ sur le positionnement des volets.

Question 22 - Proposer sous forme de schéma-blocs une solution qui permettrait de s'affranchir totalement de ces variations, tout en annulant théoriquement l'écart $\varepsilon(\infty)$.

Préciser les nouveaux éléments qui devraient intervenir dans cette solution. En examinant la figure 6, indiquer les constituants qui pourraient être alors utilisés.

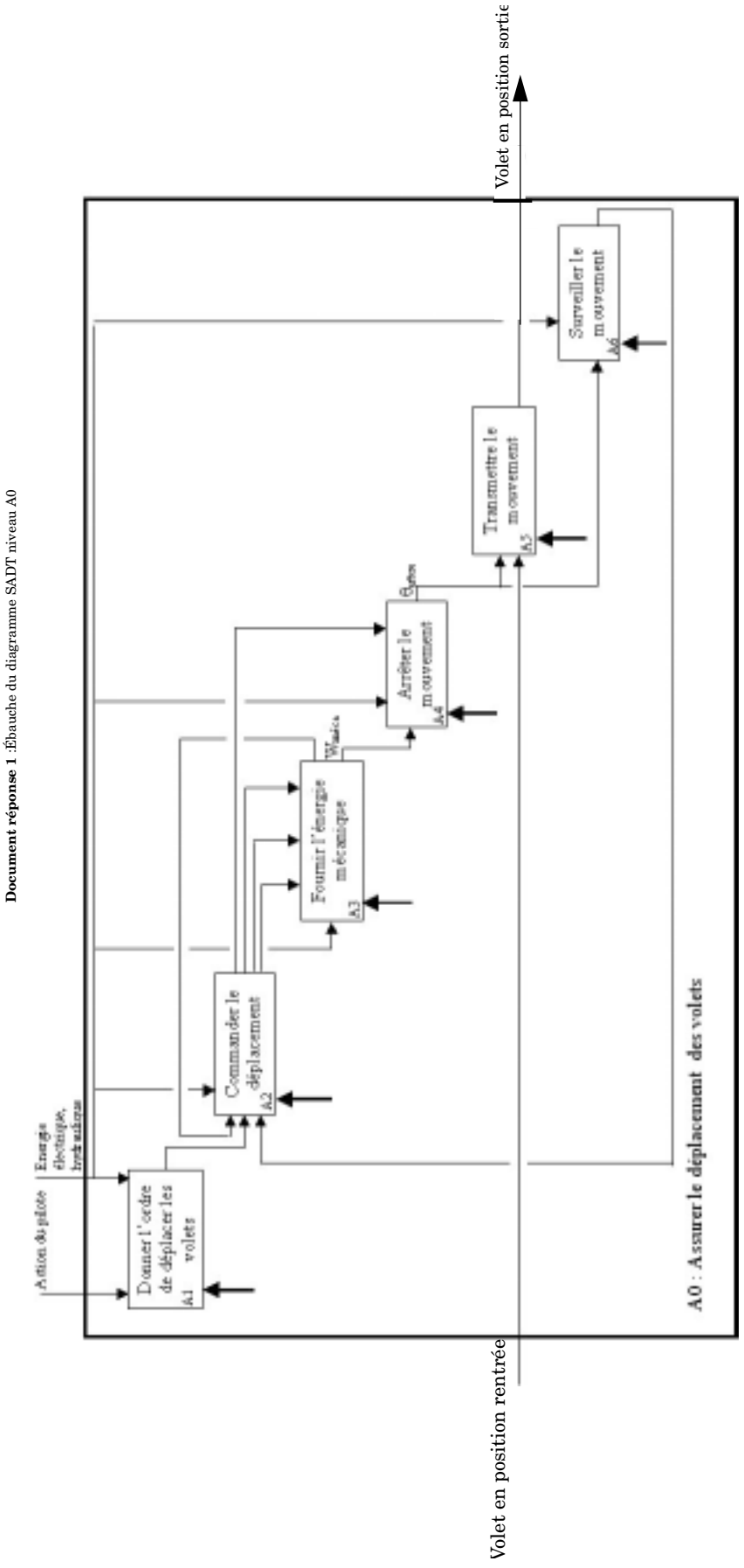
••• FIN •••

Annexe du sujet de Sciences-Industrielles, filière PSI

-Annexe du sujet de Sciences-Industrielles, filière PSI

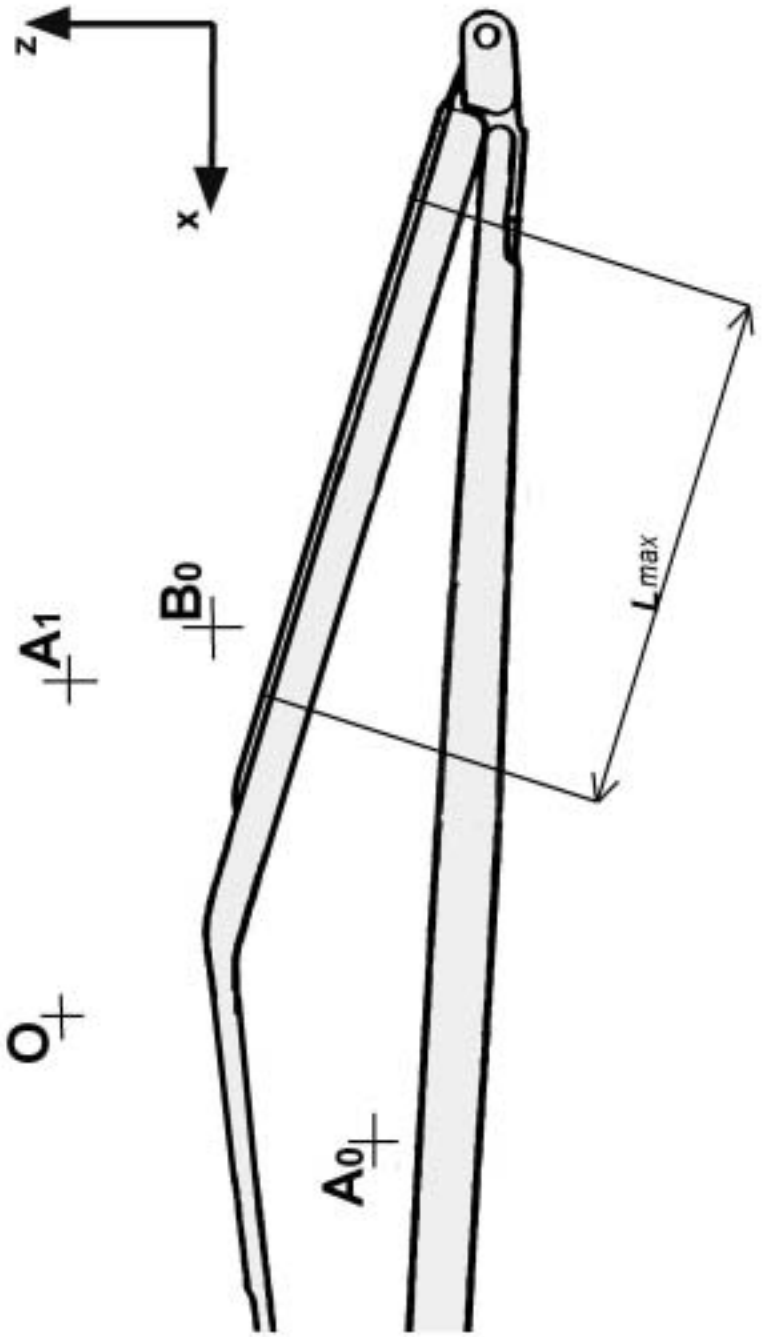
Cette annexe doit être rendue avec les autres copies. Il ne pourra pas être délivré d'autre exemplaire de ce document.

Document réponse 1 :Ébauche du diagramme SADT niveau A0



Filière PSI

Document réponse 2



Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de PSI chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

Ouvrir l'essai gratuit
Scanne le code ou clique sur le bouton.
prepahelp.com/#essai
Une question sur le concours ou sur ta filière ?
écrire sur WhatsApp

- , exigences et diagrammes SysML
- et structurelle : chaînes d'information et de puissance
- le solides : principe fondamental, stratégie d'isolement,
- graphe des liaisons et schéma cinématique
- nes : composition des mouvements, contact ponctuel, lois
- Cinématique du solide : paramétrage, vitesse, taux de rotation et torseur cinématique
- Énergétique : puissances, théorème de l'énergie cinétique, rendement
- Statique des solides : principe fondamental et stratégie d'isolement

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/centrale/psi