Concours Centrale-Supélec, France

Session 2007, filière TSI

Sciences industrielles 1

Ce que traite le sujet

- Partie I : présentation et analyse du système
- Partie II : validation partielle de la fonction de service FS1
- Partie III : validation partielle de la fonction de service FS3
- Partie IV : validation de la fonction de service FS4

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/centrale/tsi/2007/si1

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

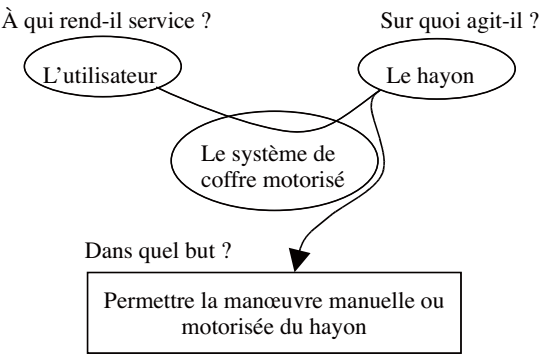
SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGÉNIEUR I

SYSTÈME DE COFFRE MOTORISÉ

Depuis 2005, un coffre motorisé est proposé en option sur l'Audi A6 (photographie 1). Ce système développé par la société Valéo a été récompensé en 2002 par le prix de l'innovation électronique automobile EPCOS/SIA dans la catégorie « Vie à bord, confort, habitacle ».



Photographie 1 - Audi A6 Avant avec coffre motorisé (source Audi).

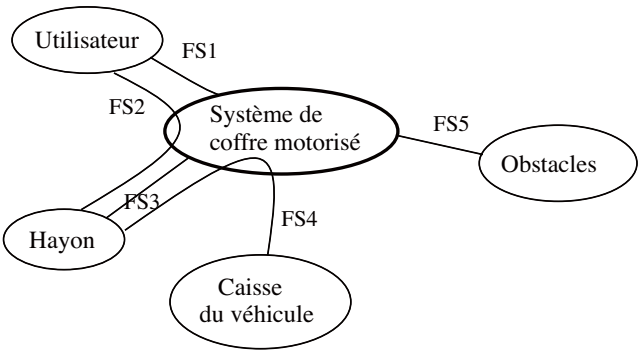


La motorisation du hayon permet l'ouverture ou la fermeture automatique du coffre. L'ouverture s'effectue soit à l'aide de la télécommande, soit par action sur une touche située à proximité du conducteur, soit par action sur une touche située sur la poignée du hayon. La fermeture s'effectue par action sur une touche située sur la face interne du hayon. L'utilisateur a la possibilité de programmer l'angle d'ouverture du hayon pour éviter par exemple qu'il ne heurte le plafond du garage. L'utilisateur conserve naturellement la possibilité de manœuvrer manuellement le hayon. Ce système dispose également de détecteurs d'obstacles.

En position fermée, le système doit assurer le blocage du hayon avec la caisse du véhicule.

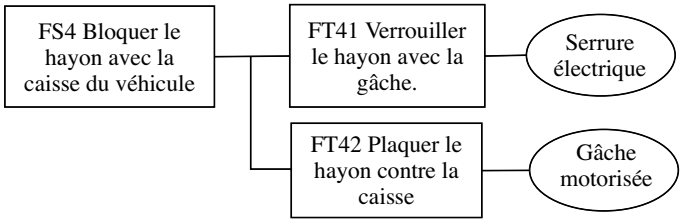
Filière TSI

Une modélisation partielle de la phase d'utilisation est donnée par le cahier des charges fonctionnel :



N°	Qualification	Critère	Niveau
***FS*1**	Être réglé et commandé par l'utilisateur	Mémorisation de l'angle d'ouverture maximale	
***FS*2**	Permettre à l'utilisateur de manœuvrer manuellement le hayon		
***FS*3**	Manœuvrer électriquement l'ouverture et la fermeture du hayon	Temps de glissement dans l'embrayage Évolution de la vitesse de manœuvre du hayon Vitesse maximale du hayon Ouverture maximale du hayon	< 0, 1 s Loi en trapèze ±25%/s 90°
***FS*4**	Bloquer le hayon avec la caisse du véhicule		
***FS*5**	Détecter les obstacles		

Le FAST associé à la fonction de service $FS4$ se décompose en deux fonctions techniques $FT41$ et $FT42$.



Les quatre parties de ce sujet ont pour objectifs :

1. de faire les analyses fonctionnelle et structurelle ;
2. de valider la fonction de service $\boldsymbol{FS1}$;
3. de valider la fonction de service $\boldsymbol{FS3}$;
4. de valider la fonction de service $\boldsymbol{FS4}$.

Partie I - Présentation et analyse du système

L'objectif de cette partie est de présenter l'architecture générale du système et de compléter l'analyse fonctionnelle.

Le schéma d'implantation du système est décrit sur la figure 1.

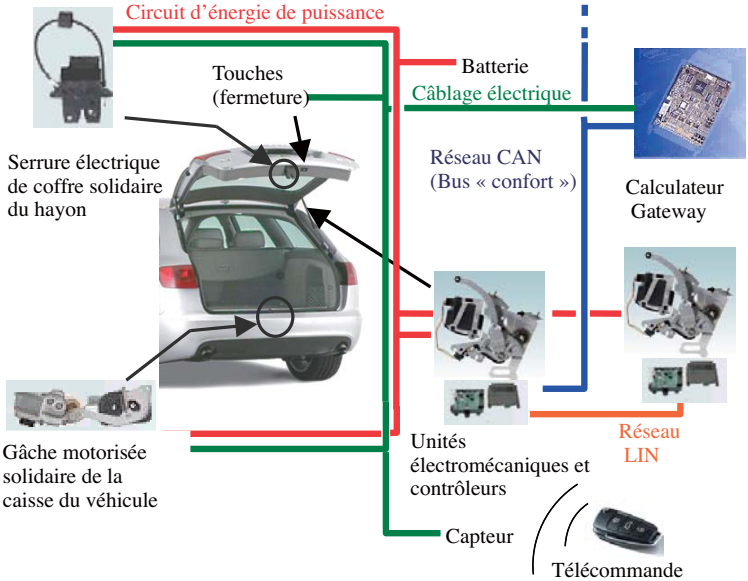


Figure 1 - Schéma d'implantation.

Ce système se compose :

- de deux **unités électromécaniques** (une sur chaque face latérale du hayon) permettant de manœuvrer électriquement le hayon et renseignant les contrôleurs sur la position du hayon et sur la présence éventuelle d'obstacles ;
- de deux **contrôleurs** (un par unité électromécanique) pilotant les moteurs électriques des unités en fonction des lois de commande en vitesse. Les deux contrôleurs sont reliés entre eux par un réseau LIN et seul le contrôleur maître communique avec le calculateur Gateway par le bus « confort » ;
- d'un **calculateur Gateway** gérant l'ensemble des composants (contrôleur maître, serrure électrique, gâche motorisée) du système de coffre motorisé en fonction des consignes de l'utilisateur et de la situation de la partie opérative ;
- d'une **serrure électrique**, solidaire du hayon, permettant en position fermée de verrouiller le hayon avec la gâche ;
- d'une **gâche motorisée**, solidaire de la caisse du véhicule, permettant en position fermée de plaquer le hayon contre la caisse en tirant la serrure.

I.A - Sur le document réponse, compléter le tableau associé à l'actigramme SADT niveau $A0$ en phase d'ouverture automatique du hayon.

Partie II - Validation partielle de la fonction de service ***FS*1**

L'objectif est de vérifier la coordination des tâches en fonctionnement normal ainsi que le réglage de l'ouverture maximale du hayon.

Le contrôleur commande le moteur et l'embrayage de l'unité électromécanique en fonction des informations provenant essentiellement du calculateur Gateway. Le grafcet partiel de fonctionnement normal GFN implémenté dans le contrôleur maître est donné sur la figure 2.

Description des entrées de GFN

- des capteurs angulaires à effet Hall permettent de mesurer **la position angulaire $\gamma_{45/0}$ du hayon**.
- Le calculateur Gateway délivre les informations binaires :
  - ***to*** = 1 si une pression est exercée sur l'une des touches d'ouverture automatique ;
  - ***tf*** = 1 si une pression est exercée sur la touche de fermeture située sur la face interne du hayon ;
  - ***p*** = 1 si l'utilisateur agit directement sur la poignée du hayon.

Description des sorties de GFN

- **L'ouverture et la fermeture automatique du hayon** sont réalisées par un moteur électrique M à courant continu et à aimants permanents alimenté par un hacheur quatre quadrants [$(M+)$: ouvrir le hayon, $(M-)$: fermer le hayon].
- **La modulation du couple transmissible par l'embrayage** s'obtient en modifiant la pression de contact sur la garniture du disque d'embrayage. Cette pression est fonction de l'intensité du champ magnétique résultant d'un aimant permanent et d'un électroaimant (E). En phase d'ouverture automatique, le champ magnétique de l'électroaimant $(E+)$ vient s'ajouter à celui de l'aimant permanent, alors qu'en phase de fermeture automatique, l'électroaimant n'est pas alimenté. Dans le cas d'une manœuvre manuelle du hayon, le moteur est désaccouplé grâce au champ magnétique de l'électroaimant $(E-)$ qui s'oppose à celui de l'aimant permanent.

Les positions limites basse et haute du hayon valent respectivement $\gamma_{45/0} = 0°$ (coffre fermé) et $\gamma_{45/0} = \gamma_{45/0}^{Maxi}$ (coffre ouvert).

On suppose qu'en mode automatique la vitesse de $20°/s$ en ouverture ou en fermeture du hayon est atteinte instantanément.

II.A - Sur le document réponse, compléter le chronogramme d'évolution du grafcet partiel de fonctionnement normal GFN sachant qu'à l'instant initial, le coffre est fermé et que la valeur préprogrammée de $\gamma_{45/0}^{Maxi}$ est de $90°$.

Le chronogramme précédent laisse apparaître que l'utilisateur a modifié la valeur $\gamma_{45/0}^{Maxi}$. Quelle est la nouvelle valeur de $\gamma_{45/0}^{Maxi}$? Comment l'utilisateur doit-il procéder afin d'augmenter $\gamma_{45/0}^{Maxi}$?

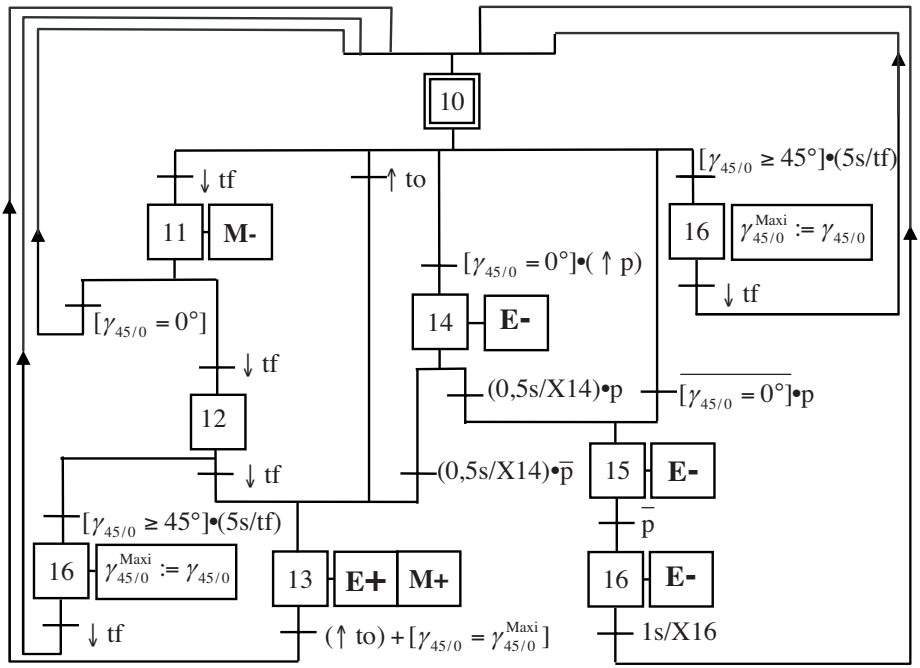


Figure 2 - Grafcet partiel de fonctionnement normal GFN

Partie III - Validation partielle de la fonction de service ***FS3***

Les objectifs de cette partie sont :

1) d'analyser les chaînes d'énergie et d'information qui permettent au hayon de suivre la loi de vitesse donnée sur la figure 5 ;

2) de vérifier que le temps de glissement dans l'embrayage est conforme au cahier des charges.

Une unité électromécanique est présentée sur la figure 3. Elle est constituée d'un moteur électrique relié par l'intermédiaire d'un embrayage à un réducteur à trains épicycloïdaux transmettant la vitesse de rotation adéquate au mécanisme de transformation de mouvement.

Le schéma cinématique de l'unité électromécanique relié au hayon et à la caisse du véhicule est présenté sur la figure 4.

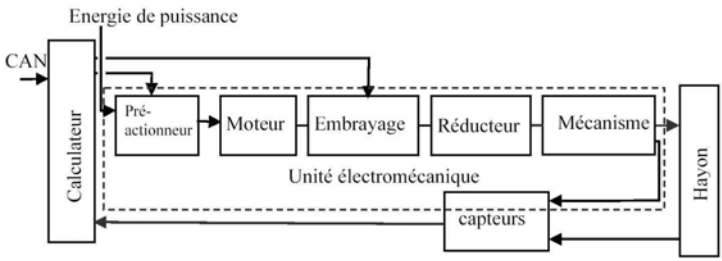


Figure 3- Composants de l'unité électromécanique

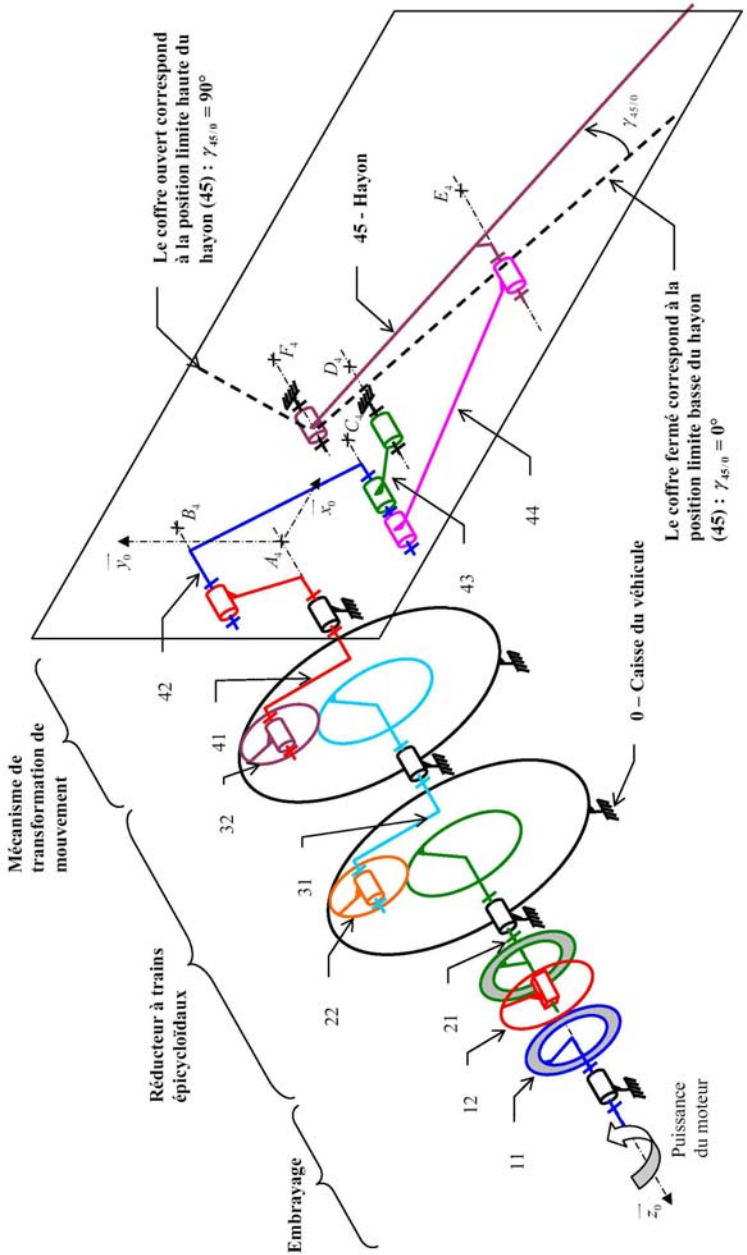


Figure 4 - Schéma cinématique de l'unité électromécanique

III.A - Estimation du couple nécessaire à l'ouverture du hayon

La figure 5 présente la loi d'évolution en trapèze de la vitesse d'ouverture du hayon imposée par le cahier des charges.

III.A.1) Tracer l'allure temporelle de la courbe représentative de $\gamma_{45/0}(t)$ sachant que $\gamma_{45/0}(0) = 0°$ et préciser les expressions analytiques de $\gamma_{45/0}(t_1)$, $\gamma_{45/0}(T-t_2)$, $\gamma_{45/0}(T)$ en fonction de t_1, t_2, T, $\dot{\gamma}^{M}_{45/0}$. Calculer le temps T d'ouverture du hayon pour une ouverture $\gamma_{45/0}(T) = 90°$.

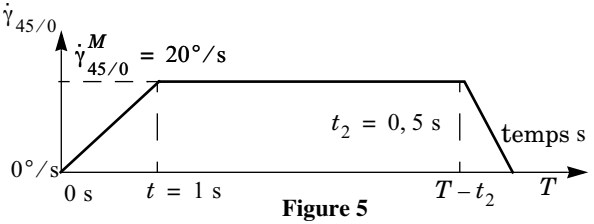


Figure 5

Évolution de la vitesse d'ouverture du hayon

III.A.2) Pour estimer le couple nécessaire à l'ouverture du hayon, on opte pour le modèle de la figure 6.

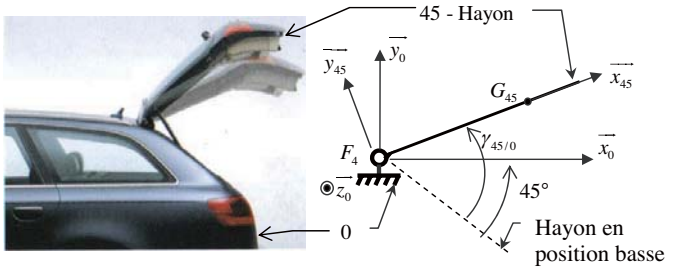


Figure 6 – Vue du hayon en position haute (extrait d'une brochure commerciale) et modèle cinématique du hayon.

Le hayon (45), dont le tableau 1 reprend les principales caractéristiques, est en liaison pivot d'axe $(F_4 ; \vec{z}_0)$ par rapport à la caisse (0) du véhicule. On définit le couple nécessaire à la mise en mouvement par un torseur agissant sur (45) s'écrivant sous la forme :

$$\left\{ \begin{array}{c} \vec{0} \\ C_s \vec{z}_0 \end{array} \right\}_{F_4}$$

Hypothèses de calcul :

- On notera $(\vec{x}_i, \vec{y}_i, \vec{z}_i)$ la base liée au solide i.
- Le système de coffre motorisé ne fonctionne que si le véhicule est immobile ; dans ce cas, le repère $(F_4 ; \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est considéré galiléen.
- L'accélération de la pesanteur s'écrit $\vec{g} = -g\vec{y}_0$ avec $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.
- La liaison pivot est supposée parfaite.

Tableau 1 - Caractéristiques d'inertie du hayon

Hayon		
Qualification	Critère	Niveau
Caractéristiques d'inertie	Masse	$m_{45} = 20$ kg
	Centre d'inertie G_{45} avec $\overrightarrow{F_4G_{45}} = L\overrightarrow{x_{45}}$	$L = 0,6$ m
	Moment d'inertie par rapport à l'axe $(F_4 ; \overrightarrow{z_0})$	$J_{45} = 10 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

III.A.3)

a) Après avoir précisé le système isolé et (le ou) les théorèmes généraux de la mécanique utilisés, déterminer l'expression du couple $C_s(t)$ nécessaire à la mise en mouvement du hayon en fonction de $\gamma_{45/0}(t)$, g, m_{45}, L, J_{45}.

b) Compte tenu des ordres de grandeurs de chacun des termes intervenant dans $C_s(t)$, tracer approximativement l'allure temporelle de la courbe représentative de $C_s(t)$ en prenant $T = 5,25$ s tel que $\gamma_{45/0}(T) = 90°$.

c) La question précédente montre que le couple nécessaire à la manoeuvre du hayon est maximal pour environ $t = 2,8$ s. En déduire la valeur maximale du couple que doit fournir une unité électromécanique sachant que les deux unités produisent le même couple.

III.B - Étude du comportement cinématique du mécanisme de transformation de mouvement

Le mécanisme de transformation de mouvement (figure 4) est constitué de deux systèmes à quatre barres.

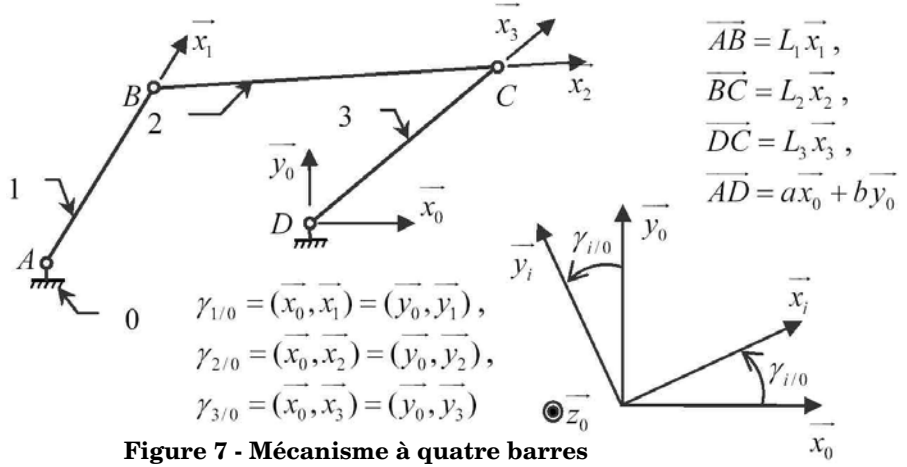


Figure 7 - Mécanisme à quatre barres

III.B.1) La résolution du système d'équations provenant des deux fermetures géométriques du mécanisme de transformation de mouvement donne l'évolution de $\gamma_{41/0}$ en fonction de $\gamma_{45/0}$ représentée sur le document réponse. En déduire, à l'aide du résultat de la question III.A.1, une valeur approchée de $\dot{\gamma}_{41/0}$ à l'instant $t = 2$ s .

C - III.C – Calcul du rapport des vitesses du réducteur à trains épicycloïdaux

Les deux étages du réducteur sont identiques, et seul le premier train épicycloïdal est représenté et paramètré dans le plan $(\vec{x}_0, \vec{y}_0)$ de la figure 8. Les pignons 21 et 22 ont respectivement Z_{21} et Z_{22} dents.

Données :

$$\overrightarrow{AB} = (R_{21} + 2R_{22})\vec{x}_{31}\ ,\ \overrightarrow{AI} = R_{21}\vec{x}_{31}\ ,\ \overrightarrow{IB} = \overrightarrow{BJ} = R_{22}\vec{x}_{31}$$

$$\vec{\Omega}_{21/0} = \omega_{21/0}\vec{z}_0\ ,\ \vec{\Omega}_{31/0} = \omega_{31/0}\vec{z}_0\ ,\ \vec{\Omega}_{22/31} = \omega_{22/31}\vec{z}_0$$

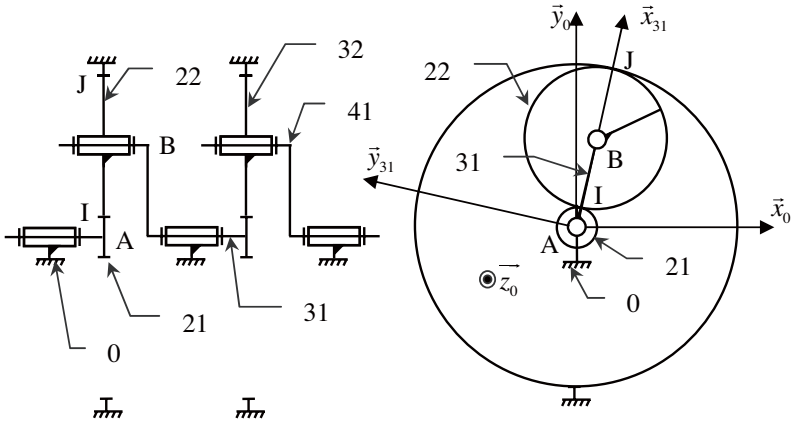
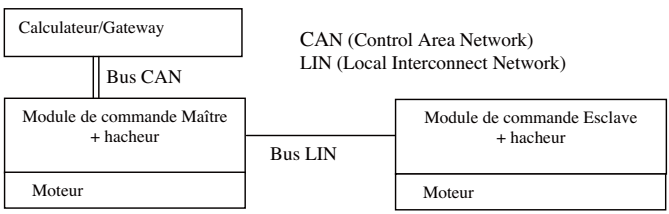


Figure 8 - Schéma cinématique du réducteur

III.C.1) Déterminer le rapport des vitesses du réducteur en fonction de Z_{21} et Z_{22}. Faire l'application numérique pour $Z_{21} = 13$ et $Z_{22} = 81$.

III.D - Étude de la commande

Deux moteurs participent simultanément à l'action sur le hayon. Chacun est géré par un module de commande doté d'une interface de communication :



CAN et LIN pour le moteur Maître, LIN pour le moteur Esclave.

L'objectif de cette partie est de valider la solution retenue pour la motorisation de l'ouvrant, dans le cadre d'une commande d'ouverture.

III.D.1) Chaque moteur est géré par un module de commande $U1$ associé à un hacheur quatre quadrants :

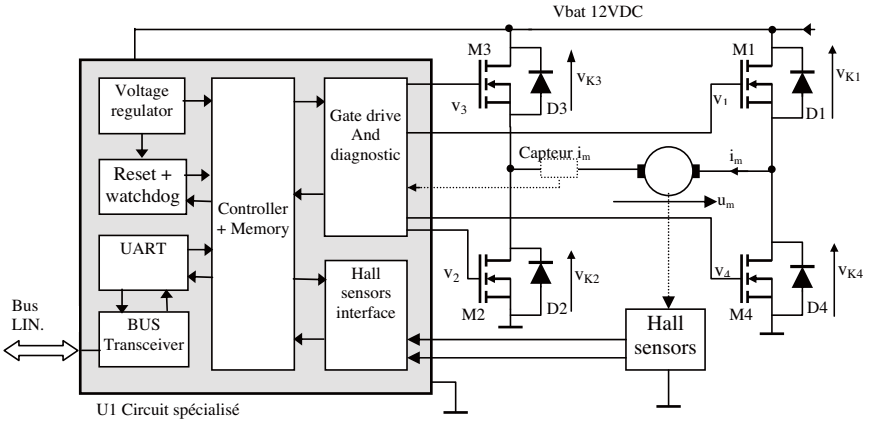
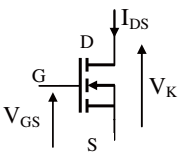


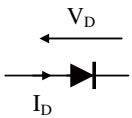
Figure 9 - Schéma du module de commande esclave + hacheur

Notations : on considérera comme parfaits les transistors MOSFET :

- si $V_{GS} > 4\ \text{V}$ alors $V_K = 0\ \text{V}$;
- si $V_{GS} = 0\ \text{V}$ alors $i_{DS} = 0\ \text{A}$.

Remarque : la commande des transistors par les signaux V_1 à V_4 est telle qu'elle assure le respect des conditions précédentes (si V_1 = « 1 » alors $V_{GS} > 4\ \text{V}$; si V_1 = « 0 » alors $V_{GS} = 0\ \text{V}$).





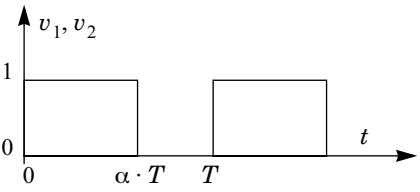
Pour la diode on considérera sa tension seuil $V_D = 0,6\ \text{V}$ lorsqu'elle est passante. Le moteur à courant continu, à aimants permanents, est assimilé à une charge (R_m, L_m, E) :

- R_m = résistance du rotor $= 0,6\ \Omega$;
- L_m : inductance du rotor $= 1\ \text{mH}$;
- $E = K_m \Omega$, Ω vitesse de rotation en $\text{rd} \cdot \text{s}^{-1}$;
- K_m : constante caractéristique du moteur $= 0,26\ \text{V} \cdot \text{rd}^{-1} \cdot \text{s}$;
- moment d'inertie du rotor $J = 10 \cdot 10^{-6}\ \text{kg} \cdot \text{m}^2$;
- tension nominale $12\ \text{V}$;
- couple nominal : $0,2\ \text{N} \cdot \text{m}$.

Le moteur est associé à un réducteur de rapport de réduction de $1/210$ que l'on considérera sans perte. On considère le cas correspondant à un point de fonctionnement en régime établi : la vitesse de rotation est constante et le couple mécanique demandé à chaque moteur est $C_r = 0,2\ \text{N} \cdot \text{m}$. La commande est telle

que le courant i_m ne s'annule pas (régime de conduction continue présentant une ondulation ΔI autour d'une valeur moyenne).

Les signaux de commande v_1 et v_2 sont identiques, de période $T = 1\,\text{ms}$: signal logique de rapport cyclique α compris entre $0,5$ et 1. D'autre part $v_3 = v_4 = 0$.



Dans cette partie on considère que les machines travaillent toujours en moteur.

a) Indiquer l'état de conduction des transistors et des diodes lorsque les signaux de commande sont $v_1 = v_2 = 1$ et $v_3 = v_4 = 0$ à $t = 0$. Exprimer u_m. Quelle est l'évolution du courant dans cette configuration ?

b) Reprendre les questions précédentes lorsque $v_1 = v_2 = v_3 = v_4 = 0$.

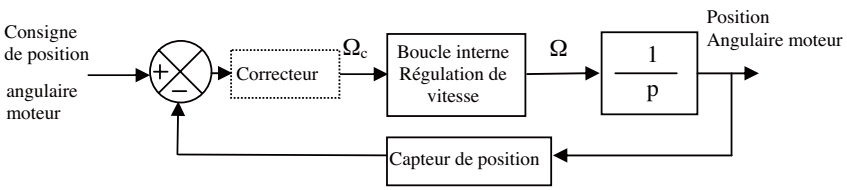
c) Donner l'allure du courant i_m et u_m en concordance des temps avec les signaux de commande. Comment évolue l'allure de i_m si le rapport L_m/R_m augmente (T inchangée) ?

d) Justifier que la vitesse de rotation du moteur s'obtient par la relation : $\Omega = a \cdot \alpha + b$. Identifier les expressions de a et b.

Calculer la valeur de α pour obtenir le point de fonctionnement défini par $\Omega = 115\,\text{rd} \cdot \text{s}^{-1}$ avec $C_r = 0,2\,\text{N} \cdot \text{m}$ et $V_{\text{bat}} = 12\,\text{V}$.

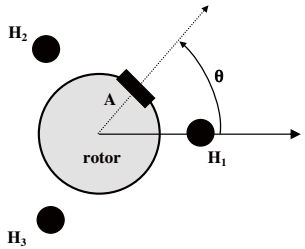
e) Proposer une stratégie de commande à la fermeture des interrupteurs permettant d'assurer la fermeture du coffre en sachant que les machines travaillent en moteur.

f) La commande des moteurs s'insère dans un schéma global assurant un asservissement de position avec à l'intérieur une boucle vitesse :



Pourquoi est-il nécessaire de prévoir des capteurs de position angulaire sur chacune des unités électromécaniques ?

III.E - Mesure de la position angulaire



Les mesures de position et vitesse de rotation en sortie du moteur reposent sur l'utilisation de capteurs à effet Hall. On considère le schéma de principe dans lequel un aimant permanent ***A*** est fixé sur l'axe rotor et 3 capteurs à effet Hall (H_1, H_2 et H_3) sont placés régulièrement autour de cet axe.

Après mise en forme des signaux issus des capteurs par un comparateur approprié, on obtient 3 signaux logiques h_1, h_2 et h_3.

L'objectif de cette partie est de valider le principe de la mesure et de montrer qu'il permet de répondre aux exigences du système.

a) À partir du signal h_1 fourni sur le document réponse, compléter les graphes des signaux h_2 et h_3 en fonction de θ, pour le cas qui correspond à une rotation anti-horaire. Dessiner ensuite les chronogrammes des signaux h_2 et h_3 dans le cas d'une rotation horaire.

b) Comment obtenir l'information de la position angulaire du rotor en prenant en compte tous les fronts des signaux h_1, h_2 et h_3 ? Comment obtenir l'information « sens de rotation » (limiter à l'explication concernant le traitement du signal h_1.

c) En optimisant le traitement des signaux capteurs, déterminer la résolution angulaire optimale pouvant être obtenue sur la position angulaire du rotor. La précision attendue sur la position angulaire de coffre étant fixée à $1°$, montrer que le dispositif de mesure répond alors à cette exigence.

Figure 10. Évolution de la vitesse du hayon

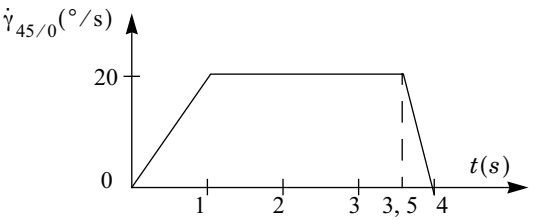
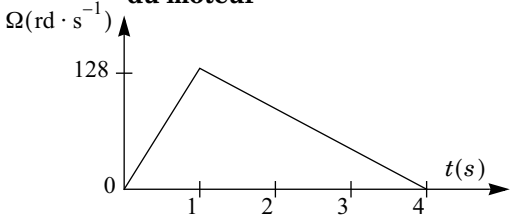


Figure 11. Évolution de la vitesse de rotation du moteur



III.F - Étude de l'asservissement de vitesse

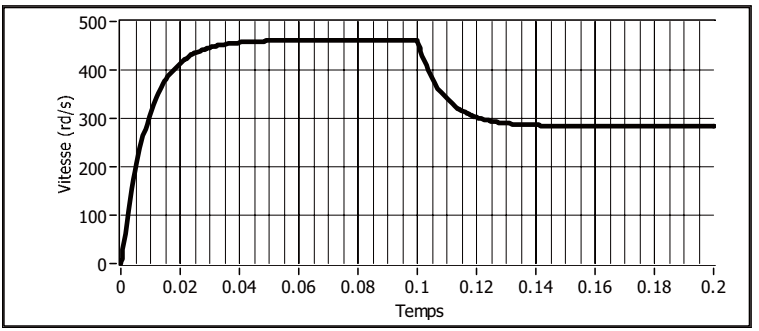
Pour obtenir le comportement visé lors de l'ouverture du coffre (figure 10), on modélise la loi de commande suivante au niveau de chaque moteur (figure 11).

L'objectif de cette partie est de vérifier que l'utilisation d'un correcteur à action proportionnelle et intégrale PI permet de répondre à cette exigence.

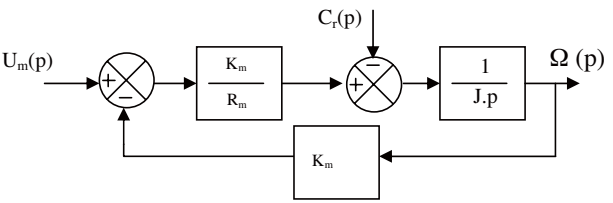
III.F.1)

a) Afin d'identifier le système, on a relevé la loi d'évolution de la vitesse $\Omega(t)$ dans les conditions suivantes :

- $t = 0$, application d'un échelon de tension $U_m = 12\ \text{V}$, $C_r = 0$;
- $t = 0,1\text{s}$, application d'une perturbation $C_r = 0,2\ \text{N}\cdot\text{m}$.



On veut montrer que le schéma-bloc ci-contre permet de modéliser le moteur en donnant une réponse conforme à l'allure du relevé expérimental (l'inductance du moteur est négligée).



Soient les fonctions de transfert :

$T_1(p) = \dfrac{\Omega(p)}{U_m(p)}$ lorsque $C_r(p) = 0$ et $T_2(p) = \dfrac{\Omega(p)}{C_r(p)}$ lorsque $U_m(p) = 0$.

Rappels : $K_m = 0,26\ \text{V}\cdot\text{rd}^{-1}\cdot\text{s}$, $R_m = 0,6\Omega$ et pour l'étude de la réponse indicielle $U_m(p) = \dfrac{12}{p}$ et $C_r(p) = \dfrac{0,2}{p}\cdot e^{-0,1\cdot p}$.

À partir du schéma-bloc ci-dessus, déterminer les fonctions de transfert $T_1(p)$ et $T_2(p)$.

Calculer la valeur finale de $\Omega(t)$ en l'absence de perturbation.

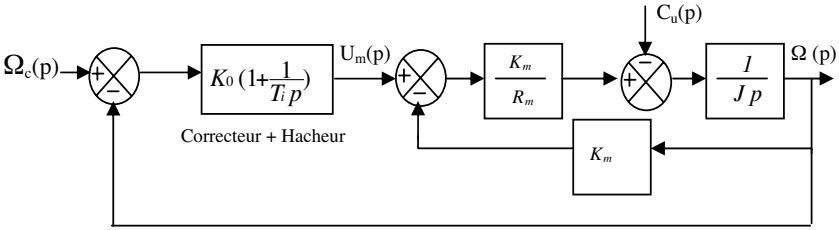
Donner l'expression littérale de τ_m la constante de temps de $T_1(p)$.

Calculer la valeur finale de $\Omega(t)$ après l'apparition de la perturbation.

Conclure quant à la validité du modèle proposé.

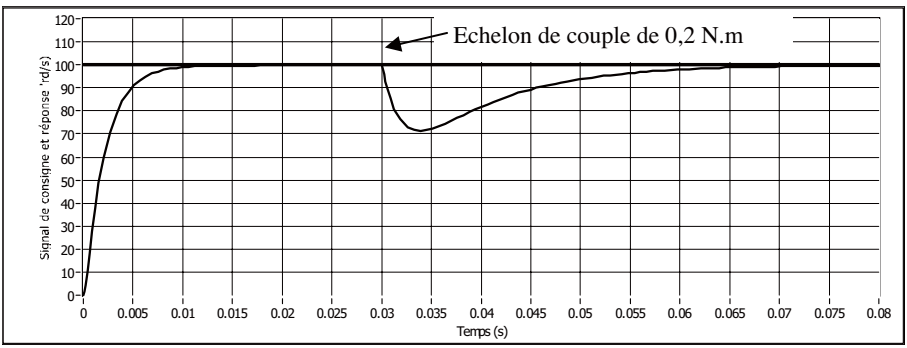
b) On souhaite que l'apparition d'un couple perturbateur ne provoque pas d'écart de vitesse afin de permettre aux deux moteurs de rester synchronisés en position.

La solution retenue met en œuvre un correcteur Proportionnel et Intégral :



Le correcteur est réglé avec : $K_0 = 4K_m = 0,104\ \text{V}\cdot\text{rd}^{-1}\cdot\text{s}$ et $T_i = \tau_m$. On a relevé la loi d'évolution de la vitesse $\Omega(t)$ dans les conditions suivantes :

- $t = 0$, application d'un échelon de consigne $\Omega_c = 100\ \text{rd}\cdot\text{s}^{-1}$, $C_r = 0$;
- $t = 0,03\ \text{s}$, application d'une perturbation $C_r = 0,2\ \text{N}\cdot\text{m}$.



Déterminer l'expression de la fonction de transfert $T3(p) = \dfrac{\Omega(p)}{\Omega_c(p)}$

Calculer la constante de temps et vérifier qu'elle est conforme à celle que l'on peut mesurer sur le graphe.

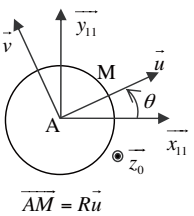
c) Le cahier des charges impose une loi de commande constituée d'une rampe croissante puis décroissante sur la vitesse de rotation moteur (figure 11). Exprimer l'écart de traînage en l'absence de perturbation si la consigne de vitesse est :

$\Omega_c(p) = \dfrac{100}{p^2}$. Faire l'application numérique.

La boucle d'asservissement en position demande un réglage de l'erreur de traînage de la boucle de vitesse fixé à 1% maxi. Conclure.

III.G - Estimation du temps de glissement dans l'embrayage électromagnétique

La figure 12 propose un modèle cinématique de l'embrayage électromagnétique. L'arbre moteur (11) peut être séparé ou accouplé plus ou moins fortement avec le rotor (21) par l'intermédiaire du disque d'embrayage (12). Sans courant dans l'électroaimant (*I*) le disque d'embrayage (12) est repoussé par l'aimant permanent (*II*) contre la garniture de l'arbre moteur (11) : il s'agit du couplage faible. Le couplage fort s'obtient en combinant le champ magnétique de l'aimant (*II*) avec celui provenant de l'électroaimant (*I*). En inversant le courant, l'électroaimant (*I*) s'oppose à l'aimant (11), le disque (12) n'est plus plaqué contre la garniture, et l'arbre moteur (11) est séparé du rotor (21).



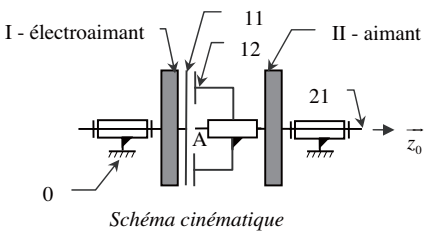


Figure 12 – Modèle cinématique de l'embrayage électromagnétique

Données :

- Les ensembles (11, 1), (12, 21, *II*) sont équilibrés par rapport à l'axe de rotation. Les inerties de ces ensembles par rapport à l'axe de rotation sont respectivement J_{11} et J_{21}.
- $\vec{\Omega}_{11/0} = \omega_{11/0}\vec{z}_0$ et $\vec{\Omega}_{21/0} = \omega_{21/0}\vec{z}_0$. En phase d'ouverture du hayon $\omega_{11/0} \geq \omega_{21/0}$.
- Le moteur exerce sur l'arbre (11) le torseur couple $\left\{\begin{matrix}\vec{0} \\ C_m\vec{z}_0\end{matrix}\right\}_A$.
- Le réducteur à trains d'engrenages exerce sur le rotor (21) le torseur couple $\left\{\begin{matrix}\vec{0} \\ -C_r\vec{z}_0\end{matrix}\right\}_A$.

Hypothèses de calcul :

- On notera $(\vec{x}_i, \vec{y}_i, \vec{z}_i)$ la base liée au solide i. Le référentiel $(A\,;\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est considéré comme galiléen.
- Les liaisons pivot et glissière sont supposées parfaites.

- La zone de contact entre (11) et (12) se réduit à une ligne circulaire (figure 12). La pression linéique (N/m) de contact $p(\theta)$ est uniforme sur la zone de contact : $(\forall\theta\in[0,2\pi])p(\theta) = p_0$, et le coefficient de frottement vaut $f = \tan\varphi$ (φ angle de frottement).
- Pour estimer le temps de glissement dans l'embrayage, on se place à la limite de glissement ou en phase de glissement.

a) Dans le repère local $(M\,;\vec{u},\vec{v},\vec{z}_0)$, définir les directions et sens de la vitesse de glissement $\overrightarrow{V(M\in 11/12)}$ et de la force locale de contact $\overrightarrow{df(12\to 11)}$.

b) Calculer la résultante $\overrightarrow{F(12\to 11)}$ et le moment en A de 12 sur 11 $\overrightarrow{M_A(12\to 11)}$ pour l'ensemble de la zone de contact. En déduire la relation entre l'effort presseur $\overrightarrow{F(12\to 11)}$ dû au champ magnétique et le couple transmissible induit $\overrightarrow{M_A(12\to 11)}$.

III.G.1)

a) Déterminer, en prenant soin de préciser le ou les systèmes isolés, par application des théorèmes généraux et/ou du théorème de l'énergie cinétique la relation liant C_m, $\overrightarrow{M_A(12\to 11)}$, J_{11}, $\omega_{11/0}$ et la relation liant C_r, $\overrightarrow{M_A(12\to 11)}$, J_{21}, $\omega_{21/0}$.

b) Si le moteur tourne à vitesse constante et en supposant que les couples C_m et C_r restent constants, calculer $\omega_{21/0}(t)$ sachant qu'au démarrage $\omega_{21/0}(0) = 0$.

c) Calculer la durée de glissement lorsque le moteur tourne à une vitesse constante de $\omega_{11/0} = 115\ \text{rad/s}$

et que $C_m = 0,2\ \text{N}\cdot\text{m}$, $C_r = 0,185\ \text{N}\cdot\text{m}$ $J_2 = 10\cdot 10^{-6}\ \text{kg}\cdot\text{m}^2$. Conclure quant au critère du cahier des charges.

Partie IV - Validation de la fonction de service ***FS4***

L'objectif est de choisir les ressorts utilisés pour la serrure électrique et pour la gâche motorisée en phase de fermeture du hayon.

IV.A - Étude de la fonction FT41

Lors de la phase de fermeture du hayon, celui-ci doit avoir une énergie cinétique suffisante au moment du contact avec la gâche (6) pour faire pivoter le pêne (7) jusqu'à l'engagement du cliquet (8) assurant ainsi le verrouillage de la serrure (figure 13). Un motoréducteur n'intervient que lors du déverrouillage en faisant

pivoter le pignon (10) qui engage un tenon dans la gorge de (9) provoquant la rotation de l'ensemble (8, 9).

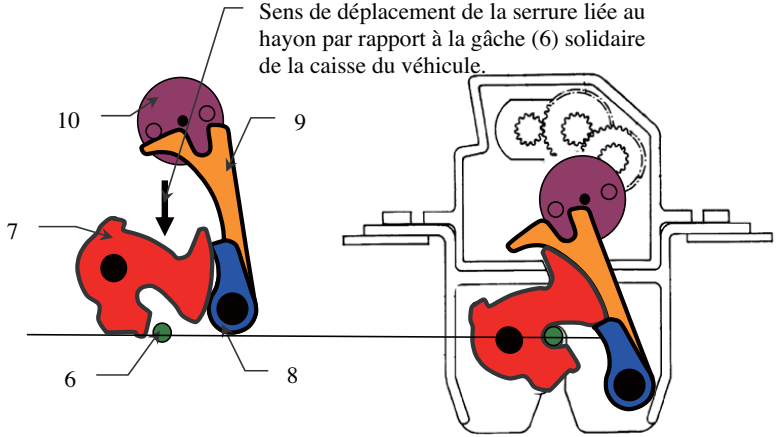


Figure 13 – Positions avant (à gauche) et après (à droite) verrouillage (document VALEO)

IV.A.1)

a) Mesurer (directement sur la figure 13) le débattement angulaire du pêne (7), noté φ, entre les positions avant et après verrouillage.

b) Calculer la variation d'énergie potentielle du ressort linéaire de torsion de raideur C d'angle à vide φ_0.

IV.A.2) Entre ces deux positions, c'est-à-dire au moment du contact du pêne (7) avec la gâche (6) et après verrouillage, la variation d'altitude du centre de gravité du hayon vaut h. Calculer la variation d'énergie potentielle liée à l'action de la pesanteur sur le hayon. Les caractéristiques du hayon figurent dans le tableau 1.

Hayon		
Qualification	Critère	Niveau
Caractéristiques d'inertie	Masse	$m_{45} = 20$ kg
	Centre d'inertie G_{45} avec $\overrightarrow{F_4G_{45}} = L\overrightarrow{x_{45}}$	$L = 0,6$ m
	Moment d'inertie par rapport à l'axe $(F_4 ; \overrightarrow{z_0})$	$J_{45} = 10 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

IV.A.3) On note $\dot{\gamma}_{45/0}^{\text{initiale}}$ la vitesse du hayon au moment du contact. En remarquant que cette vitesse devient nulle en fin de verrouillage, calculer la variation d'énergie cinétique du hayon.

IV.A.4) Si on néglige les frottements, l'ensemble Σ de la figure 14 est un système conservatif : en déduire la relation provenant de la conservation de l'énergie.

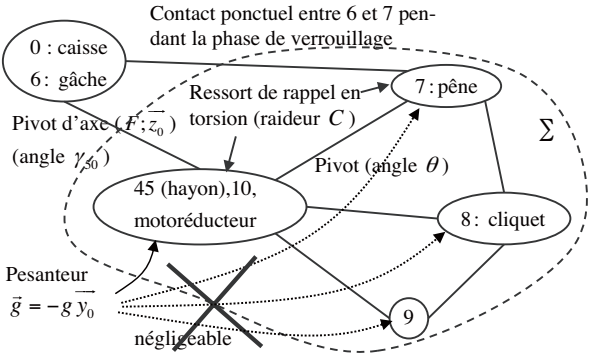


Figure 14 – Graphe de structure du hayon (5) et de la serrure (7,8,9) représentés sur la figure 11.

IV.A.5) Quelle doit être la valeur C limite de la raideur du ressort linéaire de rappel en torsion sachant que $h = -1$ cm, $\varphi_0 = 5$ rad et $\dot{\gamma}_{45/0}^{\text{initiale}} = 0,38$ rad/s ?

IV.B - Étude de la fonction *FT*42

Dès que la serrure électrique est verrouillée avec la gâche (6), le système de gâche motorisée (figure 15) tire la gâche (6) afin de plaquer le hayon contre la caisse en comprimant le joint périphérique d'étanchéité. Pour limiter la puissance du moteur électrique de la gâche motorisée, on ajoute un ressort d'assistance (figure 16).

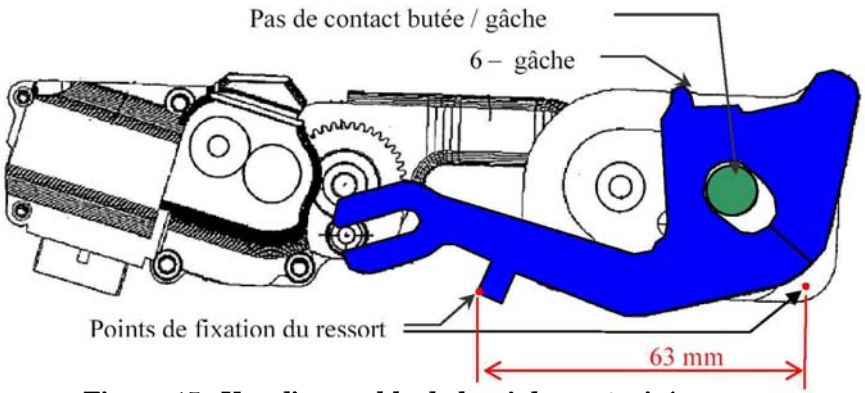


Figure 15 - Vue d'ensemble de la gâche motorisée en position tirée - ou coffre fermé - (document Valéo)

Hypothèses de calcul :

- La gâche (6) est en mouvement plan sur plan par rapport à la caisse (0) et tous les efforts appliqués sur (6) sont des glisseurs dont les axes centraux appartiennent au même plan.

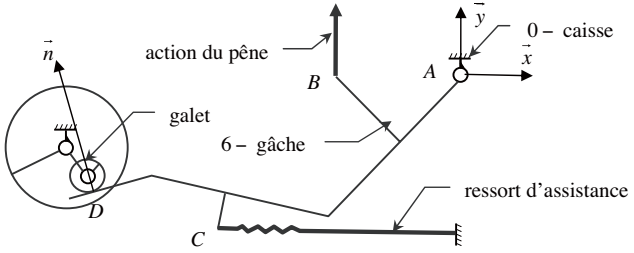


Figure 16 – Schéma cinématique du mécanisme

- Toutes les liaisons sont supposées parfaites c'est-à-dire sans jeu ni de frottement.

Données :

- $\overrightarrow{AB} = x_B\vec{x} + y_B y$, $\overrightarrow{AC} = x_C\vec{x} + y_C y$, $\overrightarrow{AD} = x_D\vec{x} + y_D\vec{y}$.
- Les glisseurs représentatifs des actions du pêne, du ressort et du galet s'écrivent respectivement

$$\mathscr{T}\text{(pêne} \to 6) = \left\{\begin{matrix} Y\vec{y} \\ \vec{0} \end{matrix}\right\}_B, \quad \mathscr{T}\text{(ressort} \to 6) = \left\{\begin{matrix} X\vec{x} \\ \vec{0} \end{matrix}\right\}_C,$$

$$\mathscr{T}\text{(galet} \to 6) = \left\{\begin{matrix} F\vec{n} \\ \vec{0} \end{matrix}\right\}_D, \text{ avec } \vec{n} = n_x\vec{x} + n_y\vec{y}.$$

IV.B.1) La solution constructive de gâche motorisée étudiée ici utilise un ressort d'assistance. Calculer la raideur du ressort linéaire permettant, en position tirée, de diminuer de 30% l'effort exercé par le galet sur la gâche par rapport à la solution sans ressort. Faire l'application numérique pour $\overrightarrow{AB} = -30 \text{ mm } \vec{x}$, $\overrightarrow{AC} = -68 \text{ mm } \vec{x} - 36 \text{ mm } \vec{y}$, $\overrightarrow{AD} = -92 \text{ mm } \vec{x} - 28 \text{ mm } \vec{y}$ et

$$\mathscr{T}\text{(pêne} \to 6) = \left\{\begin{matrix} 215N\vec{y} \\ \vec{0} \end{matrix}\right\}_B.$$

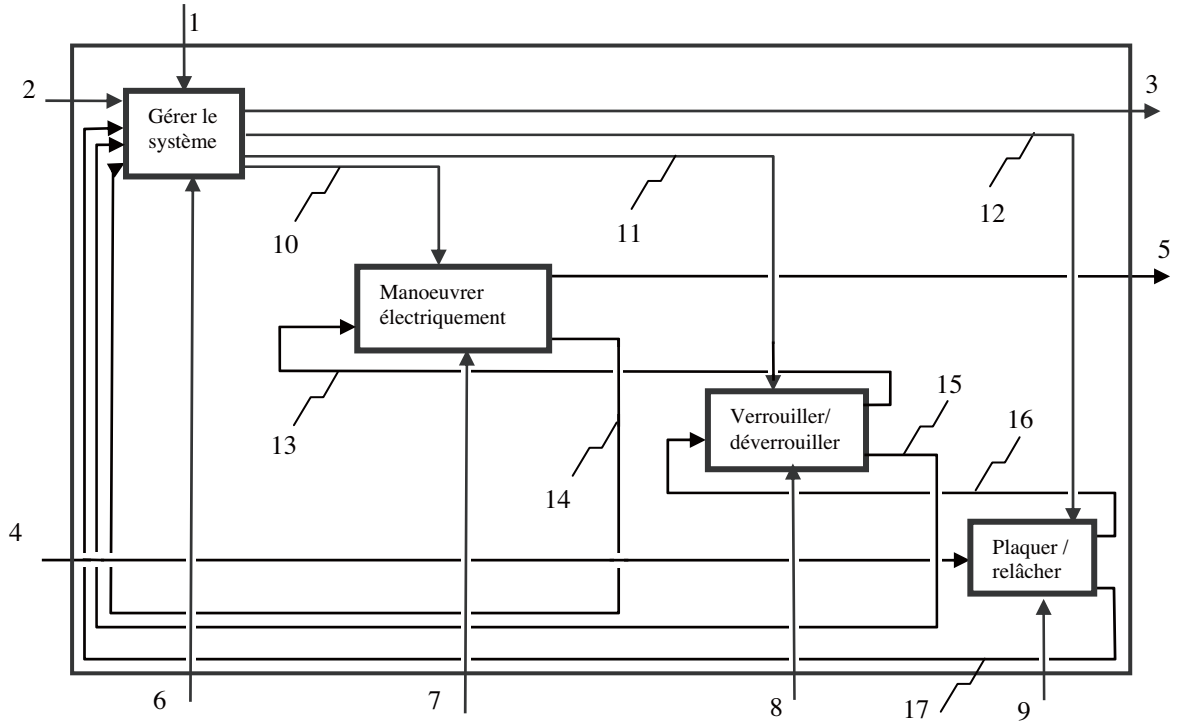
IV.B.2) En déduire la raideur du ressort d'assistance sachant que sa longueur à vide est de 4, 5 cm .

••• FIN •••

Annexe du sujet de Sciences Industrielles pour l'Ingénieur

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

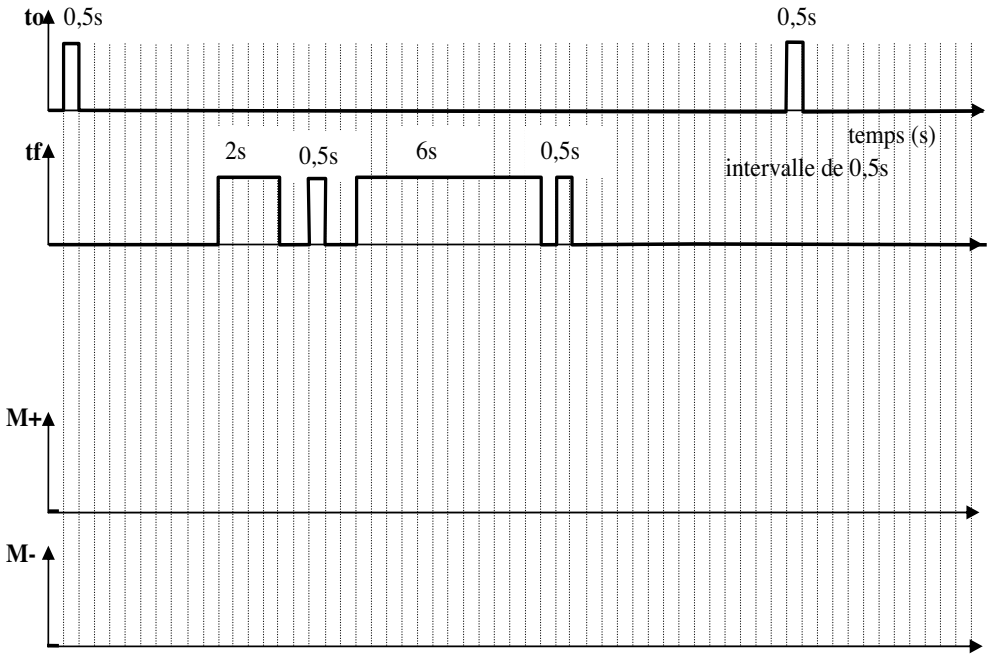
I.A : Actigramme SADT A0 en phase d'ouverture du hayon



Voir tableau au dos de la copie

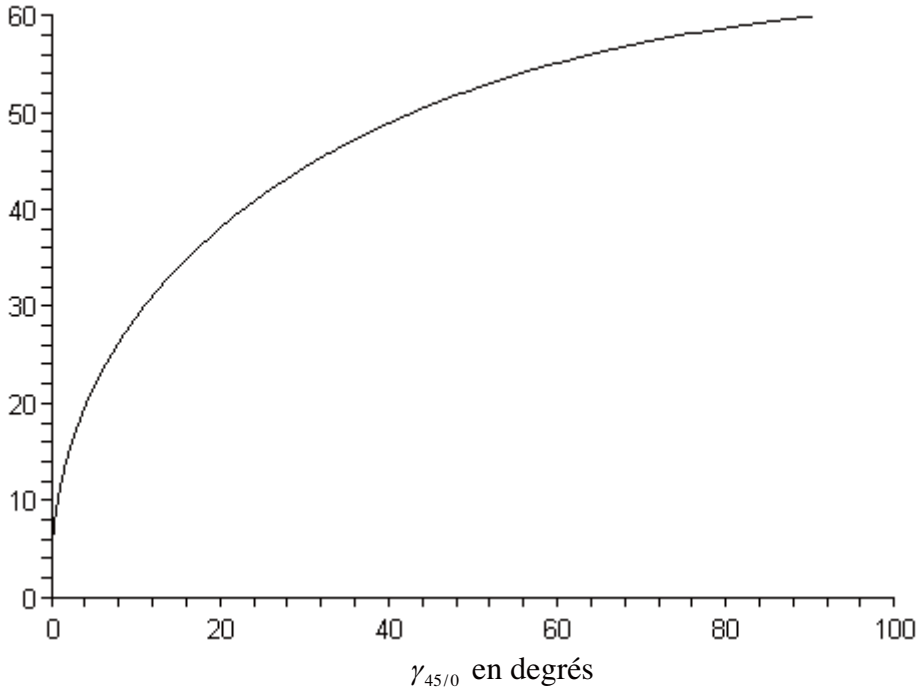
Filière TSI

II. A

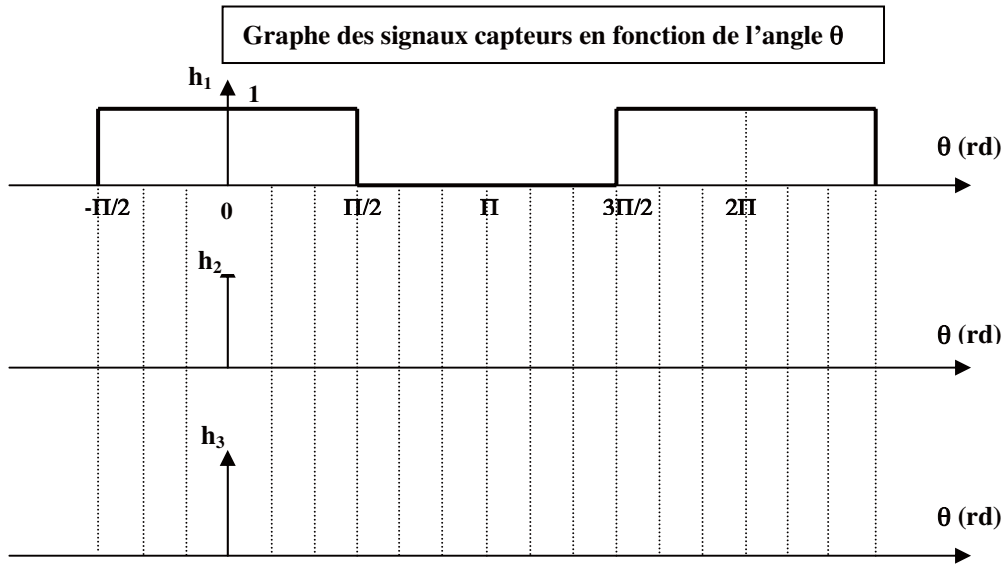


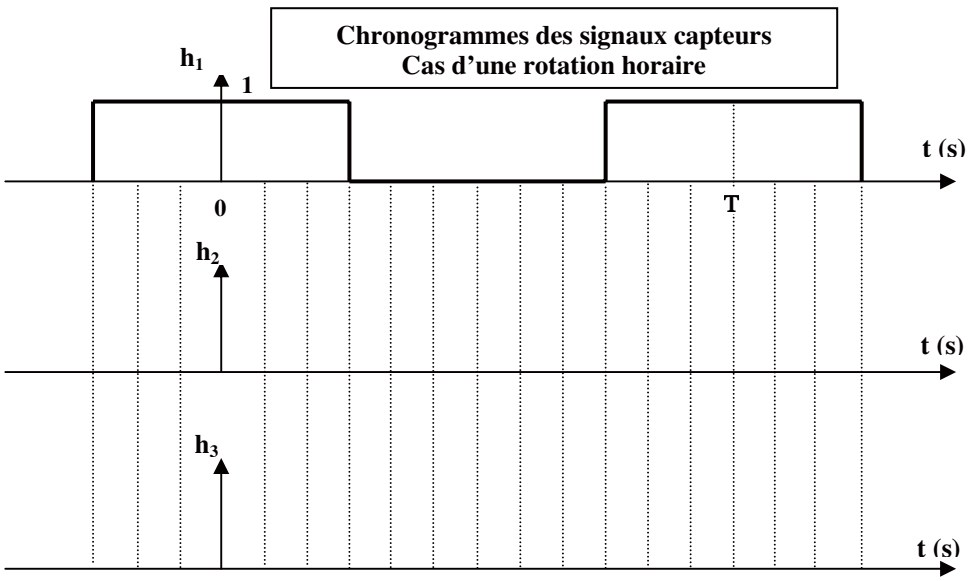
III.B.1 - Relation géométrique entrée/sortie du mécanisme

$\gamma_{41/0}$ en degrés



III.E.a)


Graphe des signaux capteurs en fonction de l'angle θ
h1
1
θ (rd)
-Π/2
0
Π/2
Π
3Π/2
2Π
h2
θ (rd)
h3
θ (rd)


Chronogrammes des signaux capteurs
Cas d'une rotation horaire
h1
1
t (s)
0
T
h2
t (s)
h3
t (s)

Compléter le tableau

Référence (1 à 17)	**Description des moyens, matières d'oeuvres, consignes et informations**
	consignes unités électromécaniques
	bus CAN
	consignes serrure
	état de la partie opérative gâche
	consignes de l'utilisateur
	calculateur Gateway
	hayon déverrouillé
	consignes gâche
	position du hayon
	hayon en position ouverte
	gâche motorisée
	hayon relâché
	détection d'obstacles
	serrure électrique
	hayon verrouillé et plaqué contre la caisse
	état de la partie opérative serrure
	unités électromécaniques

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de TSI 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

- Ingénierie système : besoin, exigences et diagrammes SysML
- Architecture fonctionnelle et structurelle : chaînes d'information et de puissance
- Cinématique des mécanismes : composition des mouvements, contact ponctuel, lois entrée-sortie et fermetures
- Transmetteurs de puissance et trains d'engrenages
- Modélisation des systèmes asservis : structure, SLCI, transformée de Laplace, schéma-blocs
- Dynamique des systèmes de solides : principe fondamental, stratégie d'isolement, équilibrage
- Énergétique : puissances, théorème de l'énergie cinétique, rendement
- Statique des solides : principe fondamental et stratégie d'isolement

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**

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