

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 ».



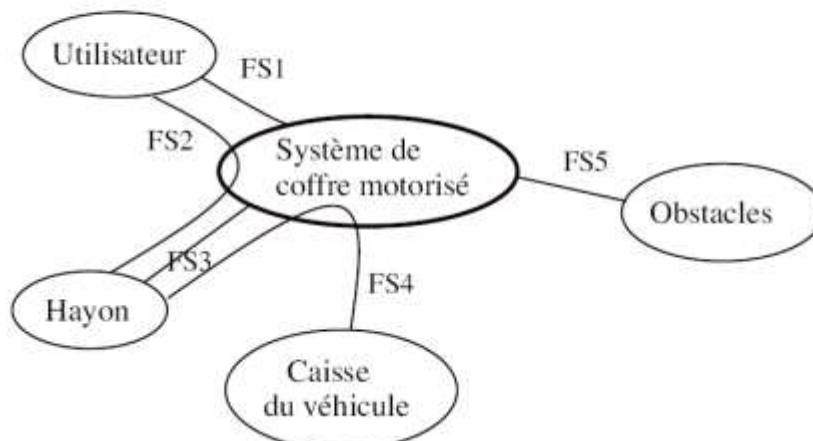
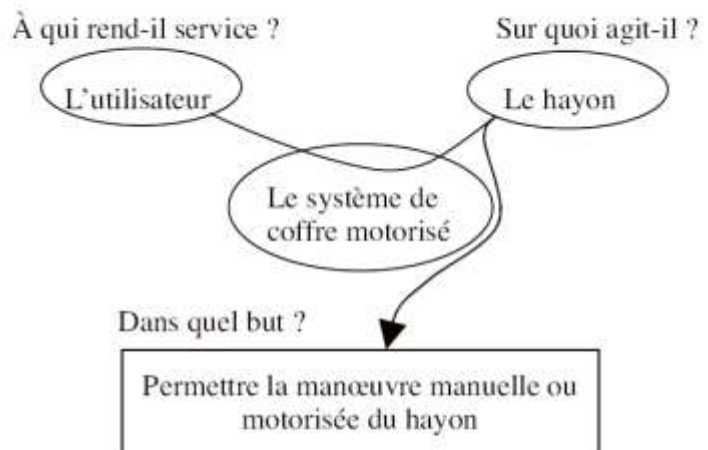
Photographie 1 - Audi A6 Avant avec coffre motorisé (source Audi).

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.

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



N°	Qualification	Critère	Niveau
FS1	Être réglé et commandé par l'utilisateur	Mémorisation de l'angle d'ouverture maximale	
FS2	Permettre à l'utilisateur de manœuvrer manuellement le hayon		
FS3	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 $\pm 25^\circ/s$ 90°
FS4	Bloquer le hayon avec la caisse du véhicule		
FS5	Détecter les obstacles		

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

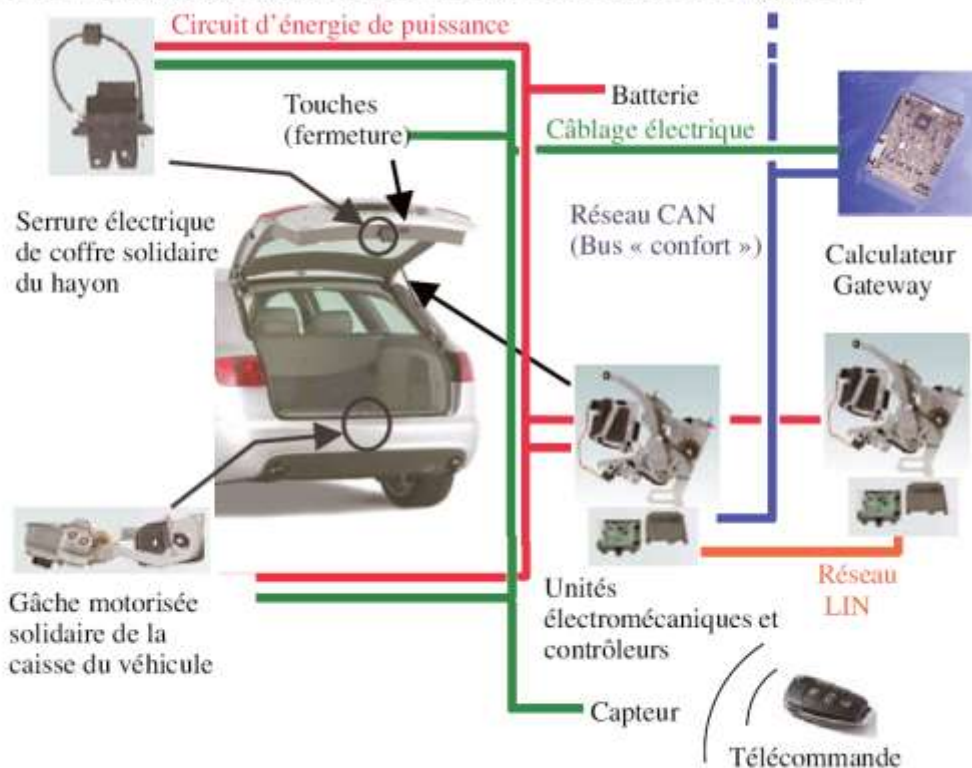


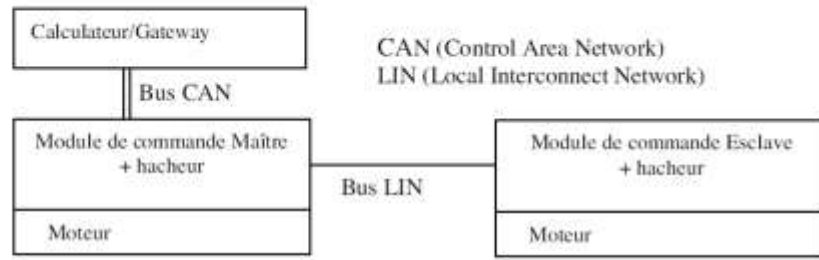
Figure 1 - Schéma d'implantation.

L'étude qui suit sert essentiellement à valider la fonction de service FS3 du point de vue électrique.

- **III.D Etude de la commande du moteur (Point de fonctionnement et contrôle de puissance par hacheur quatre quadrants).**
- **III.E Mesure de la position angulaire du hayon.**

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 :

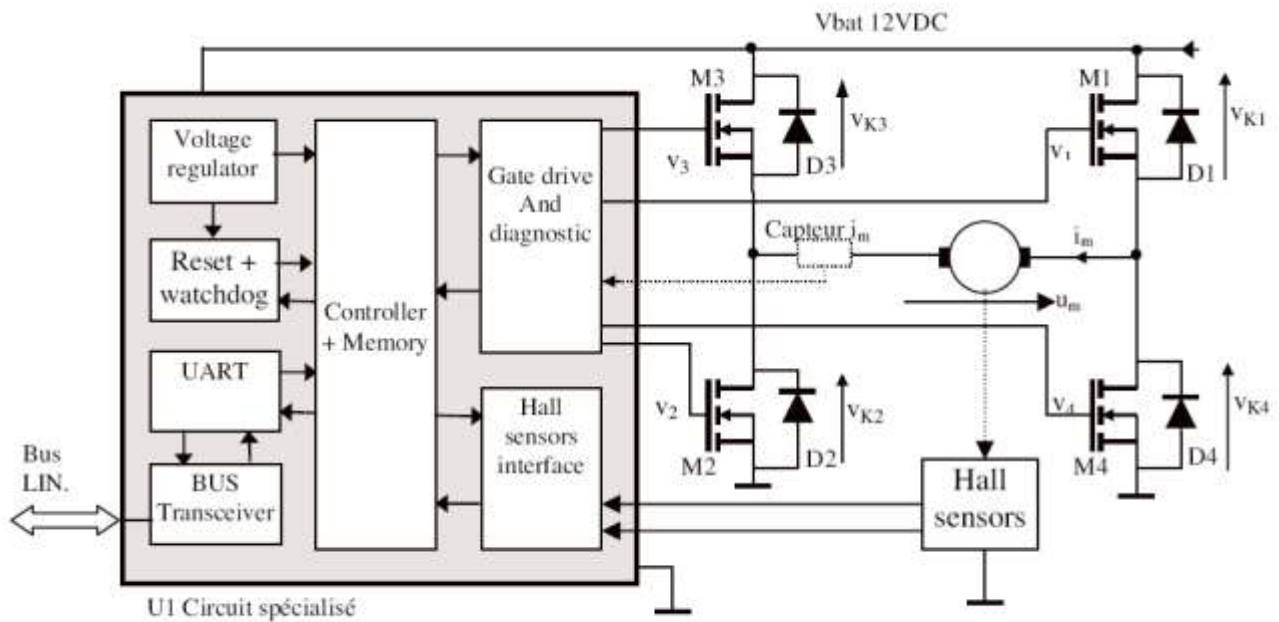


Figure 9 - Schéma du module de commande esclave + hacheur

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 $V_1 = \text{« 1 »}$ alors $V_{GS} > 4\text{ V}$; si $V_1 = \text{« 0 »}$ alors $V_{GS} = 0\text{ V}$).



Comprendre « 1 » et « 0 » logiques.

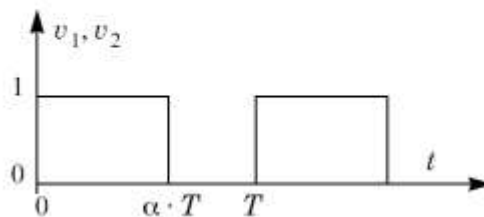
Pour la diode on considérera sa tension seuil $V_D = 0,6 \text{ V}$ lorsqu'elle est passante. Le moteur à courant continu, à aimants permanents, est assimilé à une charge (R_m, L_m, E) :

- R_m = résistance du rotor = $0,6 \Omega$;
- L_m : inductance du rotor = 1 mH ;
- $E = K_m \Omega$, Ω vitesse de rotation en $\text{rd} \cdot \text{s}^{-1}$;
- K_m : constante caractéristique du moteur = $0,026 \text{ V} \cdot \text{rd}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- moment d'inertie du rotor $J = 10 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$;
- tension nominale 12 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). Le courant moyen sera noté I_0 .

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.



II.D.1.1) Point de fonctionnement de l'ensemble moto-réducteur :

Déterminer pour le point de fonctionnement nominal du moteur à vitesse stabilisée :

- Le courant nominal I_n .
- La vitesse angulaire nominale Ω_n en rd/s puis N_n en tr/min .
- Faire son bilan de puissance sous forme de graphe en exprimant les différentes relations. Faire les calculs et donner la valeur du rendement.

Déterminer en sortie du réducteur :

- La vitesse angulaire Ω_r puis N_r
- La puissance mécanique P_r et le couple T_r .

II.D.1.2 Contrôle du moteur par le hacheur quatre quadrants

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 ?

Pourquoi dans cette application, ne néglige-t-on pas la chute de tension des diodes à l'état passant ?
Faire les schémas réduits des 2 phases de fonctionnement avec toutes les notations utiles.

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

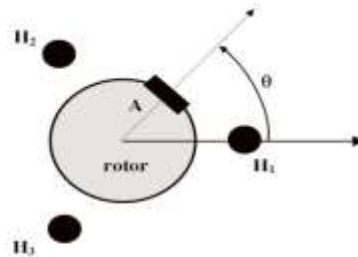
c) Donner l'allure du courant i_m et u_m en concordance des temps avec les signaux de commande. Comment évolue l'allure de i_m si le rapport L_m/R_m augmente (T inchangée) ?

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 $V_{\text{bat}} = 12 \text{ V}$.

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.

Sur le document réponse de la page 8/8

- 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.
 - 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).
 - 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° , démontrer que le dispositif de mesure répond alors à cette exigence.
- La position courante du hayon est, après traitement, un nombre binaire noté **Pos**.
La résolution à retenir pour la suite est de $0,57^\circ$ en sortie de réducteur.
- Le débattement du hayon étant estimé à 90° , la course en sortie de réducteur n'est que de 60° . Déterminer le nombre de points obtenu lors d'une course complète.
 - Donner la taille du mot binaire **Pos** obtenu en nombre de bits. Donner le codage correspondant à la position de départ (Pos_0), puis celui correspondant à la position maximale (Pos_M).
 - Donner le nom de la fonction principale utilisée entre les signaux h_1, h_2, h_3 et le nombre **Pos** en précisant l'influence du sens de rotation.

Nom :	Prénom :
-------	----------

