DM1 – 02/11/2026 - correction

Consignes

- Copies propres et bien présentées: encadrer vos résultats, souligner les applications numériques (avec une règle bien sûr)...
- Les devoirs sont **individuels**. Je suis disponible pour répondre à vos questions.
- **Aucun retard ne sera accepté.**
- Ne pas oublier de rendre les Documents Réponses (DR) (sans le reste du sujet), avec vos noms. Même s'ils ne sont pas remplis.

1 | Correction de portée de phare

1.1 Présentation du système

L'assiette 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 (Figure 1).

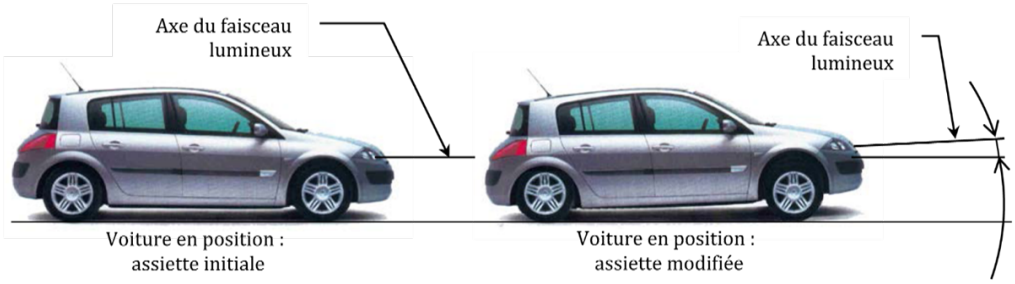


Figure 1 – Modification de l'orientation du faisceau lumineux en fonction de l'assiette

Le système de correction de l'assiette de la portée de phare vise à éclairer, de façon optimale, la route (quel que soient l'état de la route et l'état de chargement de la voiture), ce qui est obtenu par la modification automatique de l'orientation. La correction de l'orientation du faisceau lumineux est réalisée par le changement de position du bloc d'orientation (Figure 2).

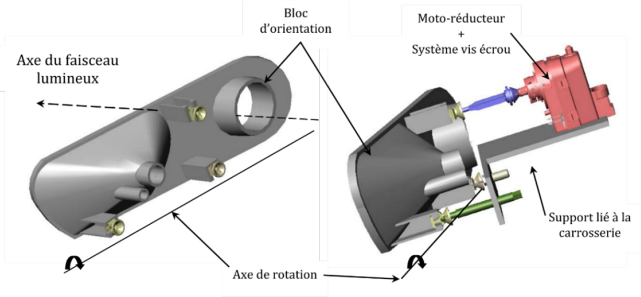


Figure 2 – Partie mécanique du système d'orientation du faisceau lumineux

Question 1 : Proposer trois exigences que doit satisfaire ce système, avec un ordre de grandeur des niveaux associés.

Réponse 1 : Voici, parmi probablement beaucoup d'autres, trois exigences possibles de ce système :

- Exigence 2 : "l'amplitude de débattement du faisceau lumineux doit être suffisamment importante." Pour le niveau associé à cette exigence, un débattement sur la plage ±15° peut être proposé.
- Exigence 3 : "le faisceau lumineux doit être positionné de façon précise." Pour le niveau associé à cette exigence, une erreur statique de moins de 1° peut être proposée.
- Exigence 4 : "le faisceau doit rapidement changer d'orientation." Pour le niveau associé à cette exigence, un temps de réponse de 0,5 s pour un pivotement de 55° peut être proposé.

Remarque : pour tout système, il est possible de spécifier des exigences de coût, de fiabilité, d'encombrement, mais il est préférable, en général, de préciser en premier les exigences techniques (ici le déplacement angulaire du faisceau lumineux) , qui induisent toute la conception du système.

1.2 Fonctionnement du système

L'inclinaison du bloc d'orientation par rapport à la voiture doit être corrélée à l'angle d'assiette du véhicule. Le conducteur règle, par le « sélecteur d'assiette du faisceau », l'angle d'inclinaison du faisceau lumineux par rapport au châssis de la voiture pour éclairer correctement la route. Si l'assiette du véhicule change (bagages dans le coffre, plus ou moins de passagers dans le véhicule, défaut de la route, etc.), le correcteur de portée de phare doit adapter la position du faisceau lumineux.

Le diagramme de définition de blocs du correcteur de portée de phare est donné figure 3.

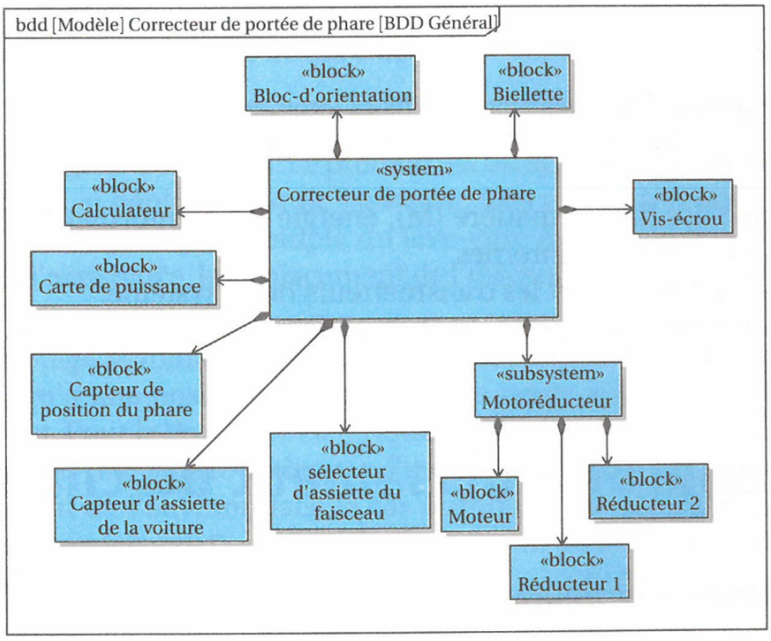


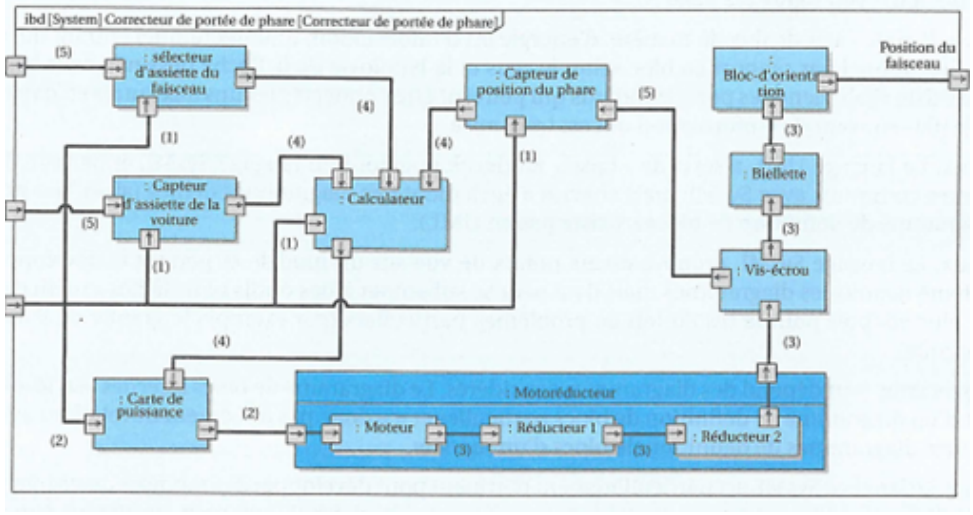
FIGURE 3 – Diagramme de définition des blocs du système de correction de portée de phare

Le sélecteur d'assiette du faisceau permet au conducteur de définir l'éclairage de la route en termes de portée (distance). Le capteur d'assiette permet d'avoir une image (à tout instant de l'inclinaison de la voiture par rapport à la route). La position du bloc optique (le phare) par rapport au châssis de la voiture est mesurée par le capteur de position du phare. Ces trois informations permettent au calculateur d'envoyer un ordre de fonctionnement au motoréducteur (moteur + réducteur) par l'intermédiaire de la carte de puissance.

Deux réducteurs de vitesse permettent de réduire fortement la vitesse de rotation du moteur. La

rotation obtenue en sortie du motoréducteur est convertie en translation par un système vis-écrou, qui par l'intermédiaire de la biellette oriente le bloc optique. Le diagramme de blocs internes du correcteur de portée de phare est donné sur le document réponse 1.

Question 2 : Indiquer sur le document réponse 1, la typologie des flux — matière (M), énergie (E) et information (I) — circulant entre les blocs de ce diagramme de blocs internes. Préciser les formes (type) d'énergie.



Réponse 2 :
Avec :
(1) = flux d'énergie électrique (de bas niveau) : en effet, les capteurs et le calculateur ne peuvent fonctionner sans apport d'énergie.
(2) = flux d'énergie électrique (de haut niveau) : la carte de puissance a pour rôle de délivrer la bonne quantité d'énergie électrique au moteur.
(3) = flux d'énergie mécanique : pour déplacer, assez rapidement, les pièces mécaniques du système, il est nécessaire de leur apporter une puissance mécanique.
(4) = flux d'information : les informations issues des capteurs arrivent au calculateur qui établit un ordre vers la carte de puissance.
(5) : flux de matière = les différents capteurs acquièrent des grandeurs physiques qui sont dans notre exemple des positions de différentes pièces.

1.3 Analyse du bloc d'orientation

Dans cette partie nous allons chercher à vérifier l'exigence suivante :

Exigence 1	Pour une course de la tige du correcteur de 4 mm, le débattement du bloque optique doit atteindre 6°.

Le système considéré est constitué du bloc d'orientation (3) contenant les phares inclinables selon un axe, d'une biellette de poussée (2), du correcteur constitué d'un corps fixe par rapport au véhicule (0) et d'une tige (1) pouvant sortir/rentrer par rapport au corps (0). Une pièce intermédiaire (4) (Figure 4) est ajoutée au système pour assurer la liaison entre (3) et (0).

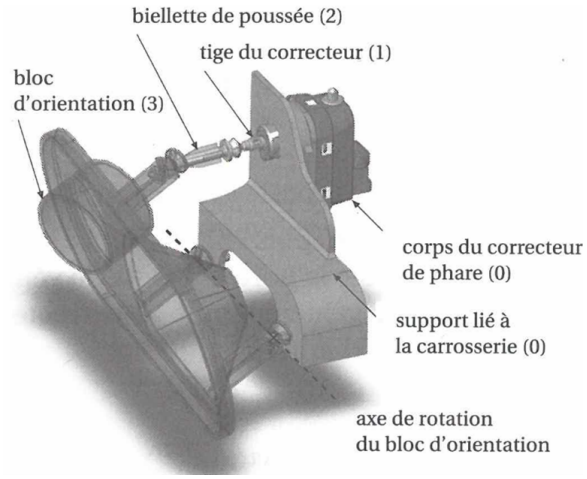


FIGURE 4 – Constitution du correcteur de phare

Le mouvement des différentes pièces étant plan, on choisit de simplifier le modèle en utilisant le schéma plan de la Figure 5.

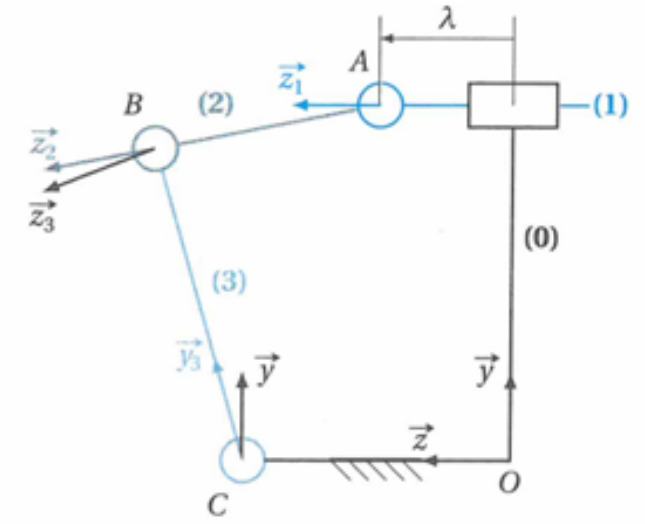
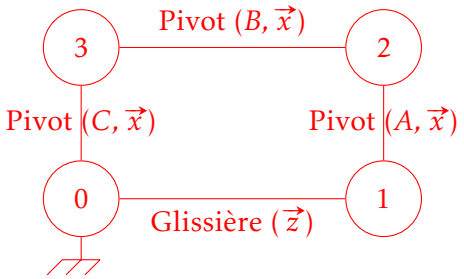


FIGURE 5 – Schéma cinématique plan du système d'orientation

Le schéma cinématique plan a été paramétré de manière à associer un repère à chaque solide avec des paramètres variables à chaque liaison.

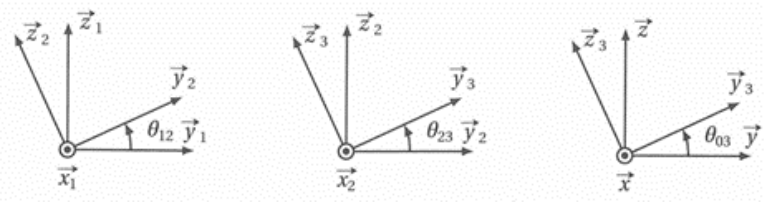
On définit : $\overrightarrow{OA} = h\vec{y} + \lambda(t)\vec{z}$; $\overrightarrow{OC} = l\vec{z}$; $\overrightarrow{AB} = l\vec{z_2}$ et $\overrightarrow{CB} = h\vec{y_3}$.
On pose $\theta_{12} = (\vec{y_1}, \vec{y_2})$; $\theta_{23} = (\vec{y_2}, \vec{y_3})$ et $\theta_{03} = (\vec{y}, \vec{y_3})$.
On remarque qu'entre S_0 et S_1, il n'y a qu'une translation, on a donc $\mathcal{B}_0 = (\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}) = \mathcal{B}_1 = (\vec{x_1}, \vec{y_1}, \vec{z_1})$.

Question 3 : Réaliser le graphe de liaison du système.
Réponse 3 : Le graphe de liaison est le suivant :



Question 4 : Tracer la ou les figure(s) de changement de base permettant de représenter les angles θ_{12}, θ_{23} et θ_{03}.

Réponse 4 :



Question 5 : Donner la relation vectorielle obtenue en faisant une fermeture géométrique du système, puis l'exprimer en fonction des vecteurs définis sur les figures de calcul.

Réponse 5 : On réalise une fermeture géométrique $\boxed{\overrightarrow{OA}+\overrightarrow{AB}+\overrightarrow{BC}+\overrightarrow{CO}=\vec{0}}$ soit :

$\boxed{h\vec{y}+\lambda(t)\vec{z}+l\vec{z_2}-h\vec{y_3}-l\vec{z}=\vec{0}}$

Question 6 : Projeter cette relation sur $\vec{y}$ et $\vec{z}$.

Réponse 6 : On projette la relation vectorielle :

$$\begin{cases} h-l\sin\theta_{12}-h\cos\theta_{03}=0 \\ \lambda(t)+l\cos\theta_{12}-h\sin\theta_{03}-l=0 \end{cases}$$

Question 7 : En déduire une relation entre λ et θ_{03}. *On ne cherchera pas à développer l'expression obtenue.*

Réponse 7 : On cherche donc à éliminer θ_{12}. On isolant les termes avec θ_{12}, et en utilisant la relation $(\sin\theta_{12})^2+(\cos\theta_{12})^2=1$, il vient :

$\boxed{(h-h\cos\theta_{03})^2+(\lambda(t)-h\sin\theta_{03}-l)^2=l^2}$

Compte tenu des valeurs numériques des longueurs h=40 mm et l=80 mm et de la course de la tige, l'angle θ_{03} varie très peu (de l'ordre de quelques degrés). Dans ces conditions, on peut approcher $\sin(\theta_{03})\approx\theta_{03}$ et $\cos(\theta_{03})\approx 1$.

Question 8 : En utilisant l'approximation et la loi entrée-sortie obtenue, déterminer l'angle θ_{03} pour un déplacement égal à la course de la tige. Conclure quant au cahier des charges.

Réponse 8 : La simplification proposée permet d'obtenir la relation suivante :

$(\lambda(t)-h\theta_{03}-l)^2=l^2$

En passant à la racine, deux solutions sont possibles :

$\lambda(t)-h\theta_{03}-l=l$ et $-(\lambda(t)-h\theta_{03}-l)=l$, donnant respectivement :

$\lambda(t)=h\theta_{03}+2l$ et $\lambda(t)=h\theta_{03}$

En regardant le schéma, si $\theta_{03}=0$, $\lambda(t)=0$, la première équation serait alors $2l=0$, ce qui n'a pas de sens physique pour notre système. Seule la deuxième équation est donc physiquement possible :

$\boxed{\lambda(t)=h\theta_{03}}$

Ainsi pour un déplacement $\lambda=4mm$, on obtient un angle de 0,1 rad soit 5,7° ce qui est inférieur aux 6° requis par le cahier des charges, qui n'est par conséquent pas respecté.

Nom Prénom :

Document Réponse 1 — Correction de portée de phare — Q. 2

