

# DS 02- Correction de portée phare

PTSI

Samedi 26 novembre

## Table des matières

- 1 Système de correction de portée d'un phare automobile
- 2 Robot préhenseur de pièces
- 3 Torseur d'action mécanique transmissible par une liaison
- 4 Assemblage vissé dans une lance de distribution
- 5 Document réponse

3

11

12

13

15

# Correction de portée phare

## Notations et informations à respecter :

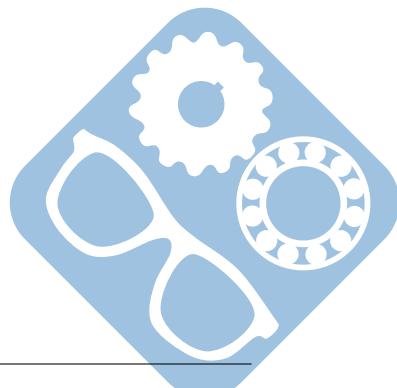
- Pour écrire un torseur cinématique d'un mouvement de  $i/j$ , au point  $P$ , dans le repère  $R_0$ , vous devrez utiliser uniquement la notation imposée suivante :

$$\{V_{i/j}\} = \begin{Bmatrix} \omega x_{ij} & Vx_{P,ij} \\ \omega y_{ij} & Vy_{P,ij} \\ \omega z_{ij} & Vz_{P,ij} \end{Bmatrix}_{P,R_0} = \begin{Bmatrix} \overrightarrow{\Omega_{i/j}} \\ \overrightarrow{V_{P,i/j}} \end{Bmatrix}_P \quad (\text{l'écriture peut être en ligne ou en colonne})$$

- Pour écrire un torseur d'action mécanique transmissible par une liaison de  $i \rightarrow j$ , au point  $P$ , dans le repère  $R_0$ , vous devrez utiliser uniquement la notation imposée suivante :

$$\{T_{i \rightarrow j}\} = \begin{Bmatrix} X_{ij} & L_{P,ij} \\ Y_{ij} & M_{P,ij} \\ Z_{ij} & N_{P,ij} \end{Bmatrix}_{P,R_0} = \begin{Bmatrix} \overrightarrow{R_{i \rightarrow j}} \\ \overrightarrow{M_{P,i \rightarrow j}} \end{Bmatrix}_P \quad (\text{l'écriture peut être en ligne ou en colonne})$$

- Tous vos résultats seront justifiés.
- Vous devrez écrire au stylo, pas au critérium, sinon votre copie ne sera pas corrigée.
- Une attention particulière sera apportée au soin de votre copie.



# 1 Système de correction de portée d'un phare automobile

## 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.

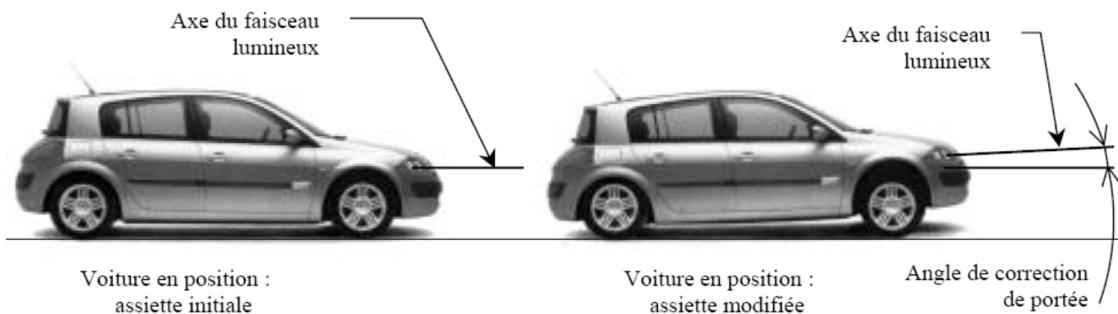


Figure 1 – Correction du faisceau lumineux

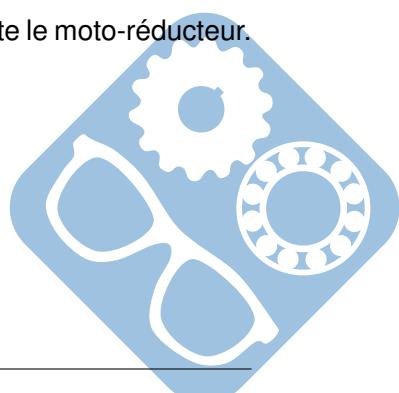
Certaines voitures sont équipées de système de correction de portée. Ce système fait appel à des capteurs d'assiette reliés aux essieux avant et arrière du véhicule. Les données sont traitées électriquement par un calculateur et transmises aux actionneurs situés derrière les projecteurs. La position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

Le système étudié est un correcteur de portée statique, qui corrige la portée lorsque le véhicule est à l'arrêt et conserve cette correction lorsque le véhicule roule (le correcteur ne tient compte que de la variation d'assiette due à la charge).

Le but de l'étude est d'analyser le système et de montrer s'il est capable de corriger la portée de manière dynamique, c'est à dire en tenant compte des variations d'assiette dues au profil de la route.

Éléments constitutifs du correcteur de portée :

- 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.



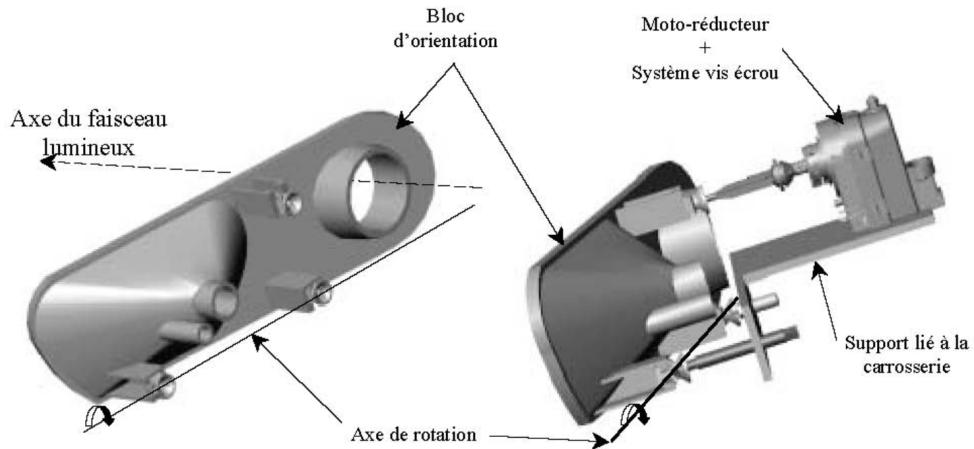


Figure 2 – Système de correction

La chaîne d'action complète comprend :

- L'ensemble transducteur (capteur + amplificateur + calculateur) qui mesure l'angle de tangage  $\beta(t)$  du véhicule et commande le moteur du système. L'ensemble est assimilable à un gain pur  $K_C$ ,
- Le moteur à courant continu est alimenté par une tension électrique  $U_c(t)$ .  $\omega_m(t)$  est la vitesse de l'arbre de sortie du moteur,
- On équipe ce moteur d'un retour tachymétrique assimilable à un gain pur  $K_{tachy} = 0,03V.rad^{-1}.s$ ,
- Le réducteur de vitesse dont le rapport de réduction est  $r = 490$ .  $\omega_r(t)$  est la vitesse de l'arbre de sortie du réducteur,  $\theta_r(t)$  est la position angulaire de l'arbre de sortie du réducteur,
- L'ensemble vis-écrou (de pas  $p_{vis} = 6mm$ ) qui transforme la rotation de l'axe de réducteur en translation de l'axe de sortie (déplacement  $x(t)$ ), (NB : 1 tour de vis fait avancer de 1 pas l'écrou),
- Le bloc d'orientation : l'angle de correction de portée  $\theta(t)$  étant petit, on peut linéariser la loi entrée-sortie sur le domaine d'utilisation : l'angle  $\theta(t)$  est proportionnel au déplacement  $x(t)$  de la vis.  $\theta(t)$  varie entre  $-\frac{\pi}{20}$  et  $\frac{\pi}{20}$  pour  $x(t)$  compris entre  $-15mm$  et  $+15mm$ .

## 1.2 Etude fonctionnelle

**Question 1 :** Compléter sur le document réponse :

- le schéma fonctionnel en indiquant les unités en entrée et sortie de chaque bloc fonctionnel,
- le tableau en indiquant la fonction de chaque bloc fonctionnel.

## 1.3 Transformées de Laplace : Schéma bloc du système

Les notations pour les transformées de Laplace des différentes variables temporelles sont les suivantes :  $L[\beta(t)] = B(p)$     $L[\omega_m(t)] = \Omega_m(p)$     $L[U_c(t)] = U_c(p)$   
 $L[\theta_r(t)] = \Theta_r(p)$     $L[\omega_r(t)] = \Omega_r(p)$     $L[x(t)] = X(p)$

La fonction de transfert du moteur seul sera notée  $M(p)$ .

**Question 2 :** En citant les théorèmes utilisés, trouver une relation entre  $\Omega_r(p)$  et  $\Theta_r(p)$ .

**Question 3 :** Écrire la relation qui lie  $x(t)$  et  $\theta_r(t)$  (donc entre le déplacement de la vis et la position angulaire de la vis) et en citant les théorèmes utilisés, trouver une relation entre  $X(p)$  et  $\Theta_r(p)$ .

**Question 4 :** Compléter le schéma bloc sur le document réponse en remplissant chaque bloc par la fonction de transfert correspondante.

#### 1.4 Etude du moteur

Dans cette partie, vous allez trouver l'expression littérale et numérique de la fonction de transfert  $M'(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_c(p)}$  (moteur et retour tachymétrique), à l'aide de la réponse temporelle du moteur (seul) à une sollicitation en échelon.

La réponse indicielle est donnée sur la figure 3 :

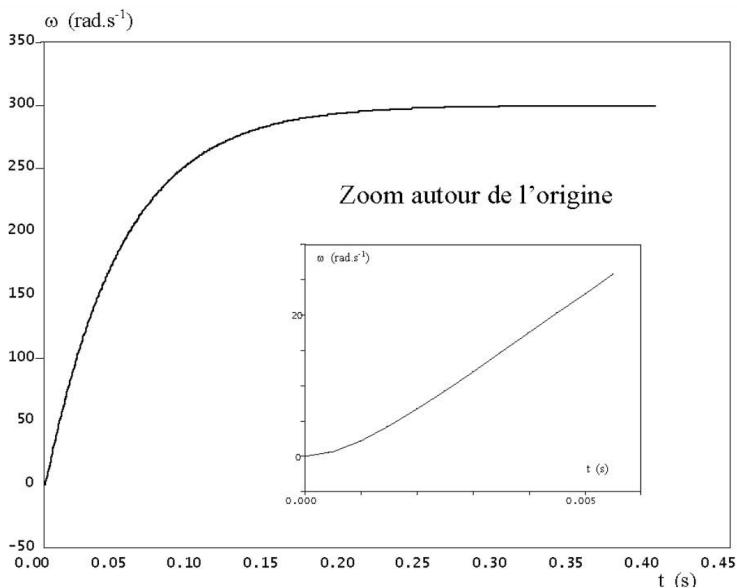


Figure 3 – Réponse indicielle

**Question 5 :** D'après la figure 3, quelle est la valeur de la tangente à l'origine de cette courbe ?

**Question 6 :** D'après la figure 3, quelle est la valeur de l'asymptote de cette courbe en  $+\infty$  ?

**Question 7 :** Déduire de vos réponses aux questions 5 et 6 la forme de la fonction de transfert  $M(p)$  du moteur.

**Question 8 :** Quelle hypothèse fait-on pour assimiler la fonction de transfert de ce moteur à un premier ordre ?

**Question 9 :** Ecrire la nouvelle fonction de transfert  $M(p)$  sous forme canonique (en faisant l'hypothèse d'un système du premier ordre) et trouvez les valeurs numériques des paramètres caractéristiques de ce premier ordre. Vous indiquerez les unités.

**Question 10 :** Après avoir rappelé la définition du temps de réponse à 5% d'un système asservi, trouver la valeur numérique de ce temps de réponse pour le moteur étudié à l'aide de la figure 3.

**Question 11 :** Démontrer que l'hypothèse faite à la question 8 est vérifiée.

**Question 12 :** Trouver la fonction de transfert prenant en compte le retour tachymétrique  $M'(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_c p}$ .

## 1.5 Chaîne d'action complète

Le véhicule est brusquement chargé à l'arrière (assimilable à un échelon).

Quelles que soient les réponses précédentes, on donne la fonction de transfert de la chaîne d'action complète :

$$H(p) = \frac{\Theta(p)}{B(p)} = K_C \cdot \frac{0,003}{p \cdot (1 + 0,025p)}$$

Les angles d'entrée et de sortie sont exprimés en radians.

**Question 13 :** Tracer SANS CALCUL l'allure de l'entrée et l'allure de la réponse à un échelon pour ce système.

**Question 14 :** Donner la définition de l'écart statique  $\epsilon_s$  et calculer sa valeur pour le système étudié (citer le/les théorème(s) utilisé(s)). Conclure quant à la précision du système.

## 1.6 Retour tachymétrique

Pour pallier ce problème, on asservit en position le système en plaçant :

- Un capteur de position, de gain  $K_{pos}$ ,
- Un amplificateur  $A$ .

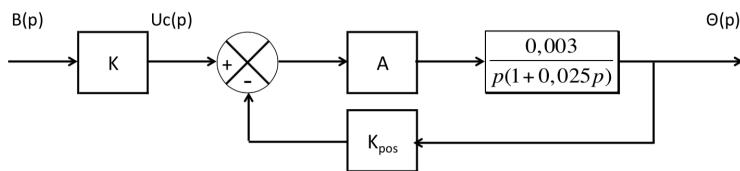


Figure 4 – Boucle de retour tachymétrique

**Question 15 :** Déterminez la fonction de transfert et toutes les caractéristiques de  $H'(p) = \frac{\Theta(p)}{B(p)}$ .

**Question 16 :** Quelle est la nouvelle valeur de l'écart statique ?

**Question 17 :** Quelle(s) modification(s) le retour tachymétrique a-t-il donc apporté ?

**Question 18 :** Quelle doit être la valeur de  $A \cdot K_{pos}$  pour avoir le temps de réponse le plus petit ?

**Question 19 :** Donner alors cette valeur de  $t_{r5\%}$ . (Vous utiliserez la courbe figure 5 donnant le temps de réponse réduit  $t_{r5\%} \cdot \omega_n$  en fonction du coefficient d'amortissement  $z$ ).

**Question 20 :** Quelle est alors la valeur du premier dépassement ? (Vous utiliserez la courbe 5 donnant les dépassements successifs en fonction du coefficient d'amortissement  $z$ ).

**Question 21 :** Quelle doit être la valeur de  $A.K_{pos}$  pour avoir le temps de réponse le plus petit, sans dépassement ?

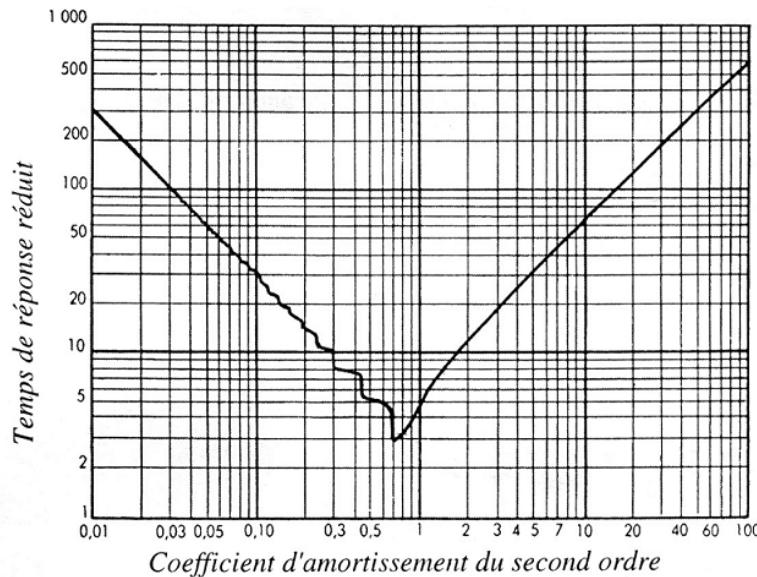


Figure 5 –  $t_{r5\%} \cdot \omega_n = \text{fonction}(z)$

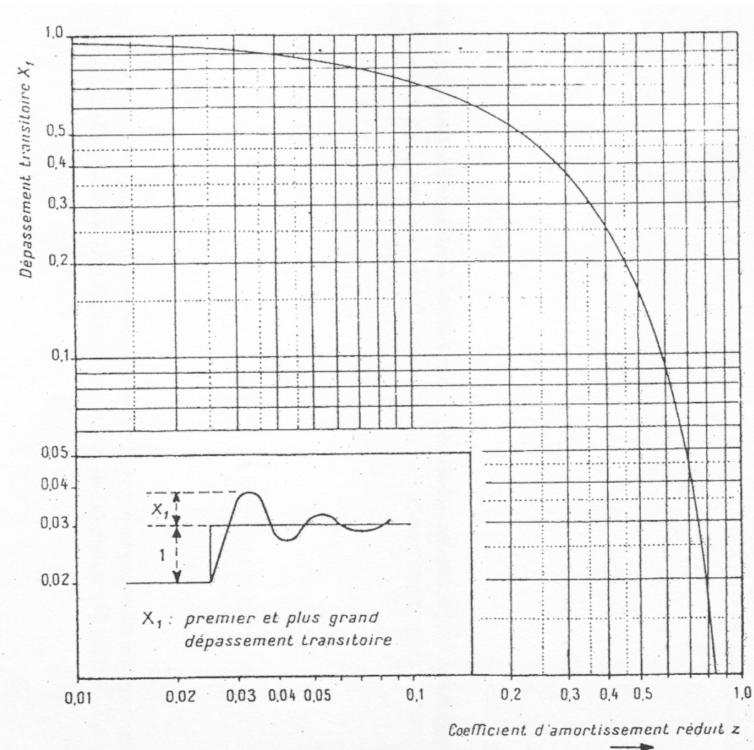


Figure 6 – ( $\text{dépassement } X_1$ ) = fonction ( $z$ )

## 1.7 Etude de l'orientation de l'axe optique

### 1.7.1 Etude de la chaîne cinématique : motoréducteur + système vis écrou

La chaîne cinématique est constituée d'un moteur électrique 208, de 2 réducteurs roue et vis sans fin (209 / 210a et 210b / 203) et d'un double système vis écrou (réglage manuel et réglage motorisé).

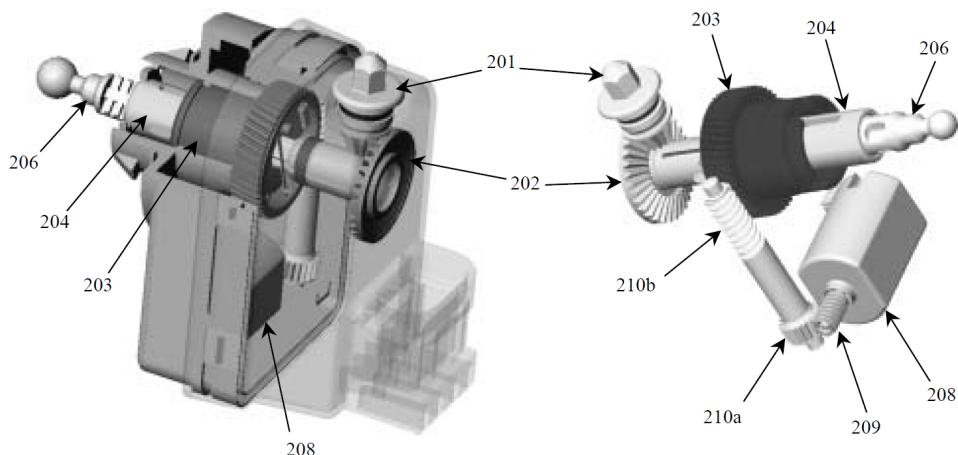
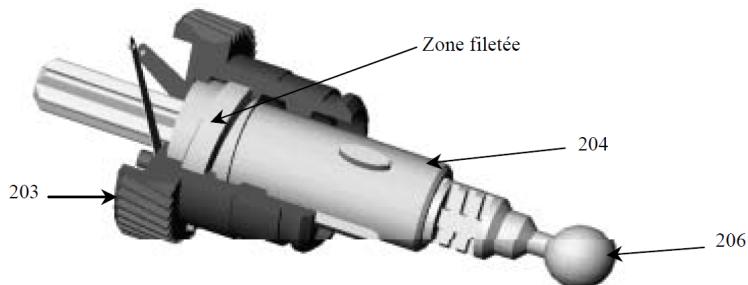


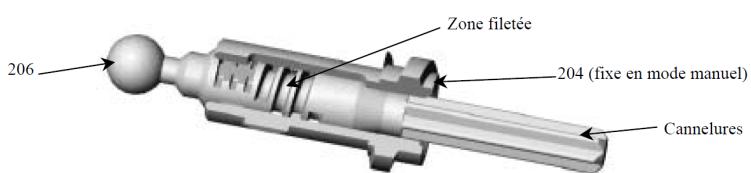
Figure 7 – Vue avec boîtier gauche (un quart enlevé) et boîtier droit translucide/Vue sans boîtier

Le moteur 208 entraîne en rotation la vis sans fin 209 qui entraîne la roue 210a par un système roue et vis sans fin. La vis 210b entraîne à son tour la roue 203 par un autre système roue et vis sans fin.

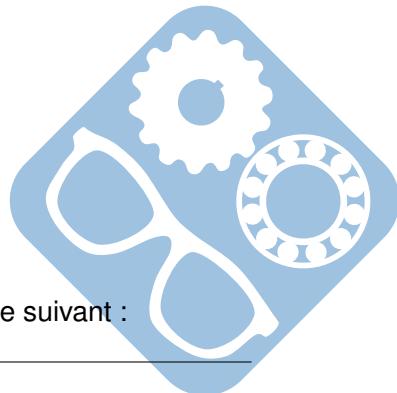
**Mode motorisé :** Un système vis 204 écrou 203 permet de transformer la rotation de la roue 203 en une translation de la tige 206 (liée à 204 en mode motorisé). Celle-ci permet l'orientation du phare par l'intermédiaire de la biellette de poussée 303 (voir schéma cinématique).

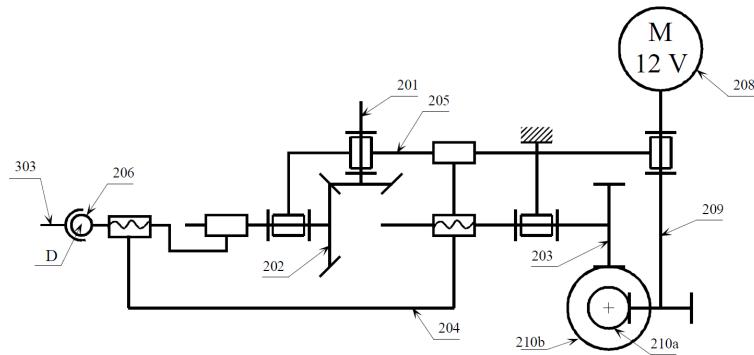


**Mode manuel :** La rotation du bouton de réglage manuel 201 permet la rotation de la vis 206 par l'intermédiaire de l'engrenage conique 201 - 202 et de cannelures entre 202 et 206. L'écrou 204 étant fixe en mode manuel la vis 206 a donc un mouvement hélicoïdal.



Le système motoréducteur et vis écrou est modélisé par le schéma cinématique suivant :





**Question 22 :** Sur le document réponse, pour le réglage motorisé et le réglage manuel, surligner en vert les pièces ayant un mouvement de rotation par rapport au bâti. Surligner en bleu les pièces ayant un mouvement de translation par rapport au bâti. Surligner en rouge les pièces ayant un mouvement de rotation et translation par rapport au bâti.

**Question 23 :** Sur le dessin d'ensemble du document réponse, colorier en vert, sur toutes les vues l'écrou 204.

### 1.7.2 Etude de l'orientation du bloc optique

Voir le système d'orientation en annexe.

Deux liaisons en A et B permettent au boîtier 301 de pivoter par rapport au bâti autour d'un axe ( $A, \vec{y}$ ).

La liaison rotule de centre A est réalisée par une pièce intermédiaire en plastique, 302, clipsée sur un embout sphérique lié au bâti 304 et fixé sur le boîtier 301.

La liaison linéaire annulaire en B est réalisée par une pièce plastique 302 identique clipsée sur un embout sphérique lié au bâti 304 mais en liaison glissière de direction  $\vec{y}$  par rapport au boîtier 301.

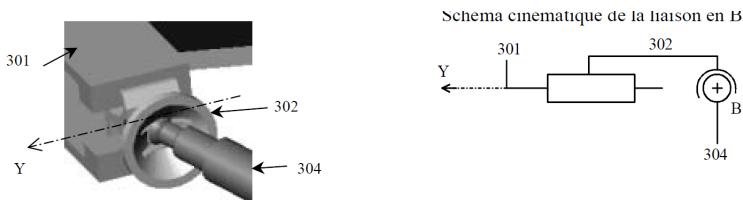


Figure 8 – Liaison en B/Schéma cinématique de la liaison en B

**Question 24 :** Ecrire les torseurs suivants  $\{V_{304/302}\}$  et  $\{V_{302/301}\}$  au point B. En déduire le torseur  $\{V_{304/301}\}$ .

Démontrer par les torseurs que la liaison équivalente en B est une liaison linéaire annulaire d'axe ( $B, \vec{y}$ ).

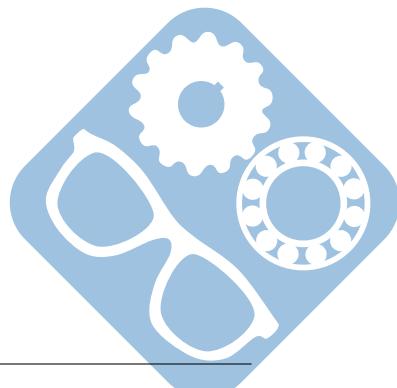
**Question 25 :** La liaison en A étant une liaison rotule, et celle en B une linéaire annulaire d'axe ( $B, \vec{y}$ ), donner sans calcul la liaison équivalente entre le boîtier 301 et le bâti 304 en ne tenant compte que des liaisons en A et B.

**Question 26 :** Tracer sur le document réponse, dans le cas d'un réglage motorisé, le schéma cinématique minimal dans le plan  $(A, \vec{x}, \vec{z})$  de la chaîne fermée constituée du bâti 304 et des pièces 301, 206 et 303.

La position définie sur l'épure, document réponse 3, correspond à une position extrême 0 (points  $A$ ,  $C$  et  $D$ ).

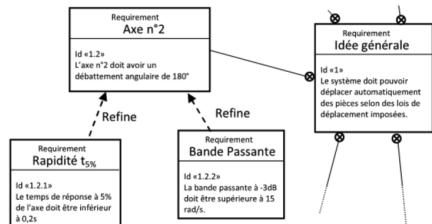
On notera  $A$ ,  $C_1$  et  $D_1$  les points dans l'autre configuration extrême 1.

**Question 27 :** En supposant la course de l'axe 206 égale à 30 mm ( $\overrightarrow{DD_1} = 30 \cdot \vec{x}$ ), tracer sur le document réponse le point  $C_1$ , les pièces 301 et 303 et l'axe du faisceau lumineux. Mesurer l'amplitude angulaire du faisceau.

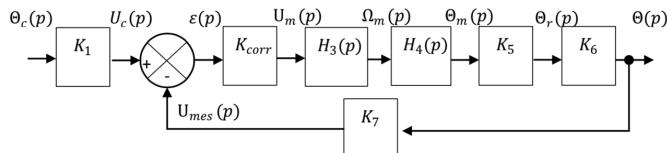


## 2 Robot préhenseur de pièces

On s'intéresse à un robot préhenseur de pièces dont on donne une description structurale ainsi qu'un extrait partiel du diagramme des exigences de son modèle SysML. L'objectif de cette étude est de vérifier les performances d'un des axes asservis de ce robot vis-à-vis des critères de performances attendus.



On donne le modèle de comportement de l'asservissement de position angulaire de l'axe du bras étudié sous la forme du schéma bloc qui suit. L'angle réel du bras est  $\theta(t)$ , l'angle de consigne est  $\theta_c(t)$ .



Avec  $K_1, K_{corr}, K_5, K_6, K_7$  : constantes.

- $\Theta_c(p)$  : angle de consigne,
- $U_c(p)$  : angle de consigne,
- $U_m(p)$  : tension moteur,
- $\Omega_m(p)$  : vitesse angulaire de l'arbre moteur,

- $\Theta_m(p)$  : angle de l'arbre moteur,
- $\Theta_r(p)$  : angle de l'arbre en sortie de réducteur,
- $\Theta(p)$  : position angulaire du bras,
- $U_{mes}(p)$  : tension mesurée image de  $\Theta(p)$ .

**Question 28 :** Déterminer le lien entre  $K_1$  et  $K_7$  pour que le système soit correctement asservi, donc quand  $\epsilon(t)$  tend vers 0.

La fonction de transfert  $H_3(p)$  est représentative d'un moteur dont on connaît le modèle de comportement, au travers des équations suivantes :

$$u_m(t) = e(t) + R.i(t), \quad e(t) = k_e \cdot \omega_m(t)$$

Avec :

- $u_m(t)$  : tension aux bornes du moteur(V),
- $e(t)$  : force contre-électromotrice(V),
- $i(t)$  : intensité (A),
- $\omega_m(t)$  : vitesse de rotation de l'arbre en sortie de moteur( $rad.s^{-1}$ ),
- $c_m(t)$  : couple moteur (N.m),

$$J \cdot \frac{d\omega_m(t)}{dt} = c_m(t), \quad c_m(t) = k_m \cdot i(t)$$

- $J$  : inertie équivalente en rotation de l'arbre moteur ( $kg.m^2$ ),
- $R$  : résistance électrique du moteur ( $\Omega$ ),
- $k_e$  : constante de force contre-électromotrice ( $V.rad^{-1}$ ),
- $k_m$  : constante de couple ( $N.m.A^{-1}$ ).

**Question 29 :** Déterminer la fonction de transfert  $H_3(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_m(p)}$  en citant le/les théorèmes utilisés. Montrer qu'on peut la mettre sous la forme  $H_3(p) = \frac{K_3}{1 + \tau_3 \cdot p}$  et donner l'expression littérale de  $\tau_3$ .

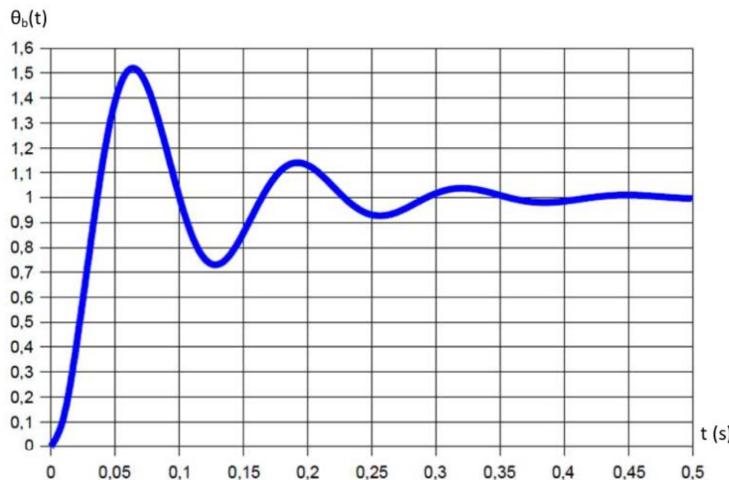
**Question 30 :** Déterminer  $\omega_m(t)$  quand on sollicite le système avec une entrée de type échelon de valeur  $u_m(t) = U_0 \cdot u(t)$  avec  $u(t)$  fonction de Heaviside.

**Question 31 :** Tracer la courbe sur le document réponse et positionner toutes les caractéristiques propres à un système du premier ordre soumis à un échelon.

**Question 32 :** Déterminer la fonction de transfert  $H_4(p)$  en citant le/les théorèmes utilisés.

**Question 33 :** Déterminer la fonction de transfert  $H(p) = \frac{\theta(p)}{\theta_c(p)}$ . Montrer qu'on peut la mettre sous la forme  $H(p) = \frac{K_0}{1 + \frac{2z}{\omega_n} \cdot p + \frac{1}{\omega_n^2} \cdot p^2}$  et déterminer les valeurs littérales de  $K_0$ ,  $\omega_n$  et  $z$  en fonction des constantes fournies.

La réponse indicielle de  $H(p)$  est donnée ci-dessous :



**Question 34 :** Déterminer les valeurs numériques de  $K_0$ ,  $\omega_n$  et  $z$ , en expliquant votre démarche (voir les figures 5 et 6).

**Question 35 :** Déterminer le temps de réponse à 5%, en expliquant votre démarche (voir les figures 5 et 6).

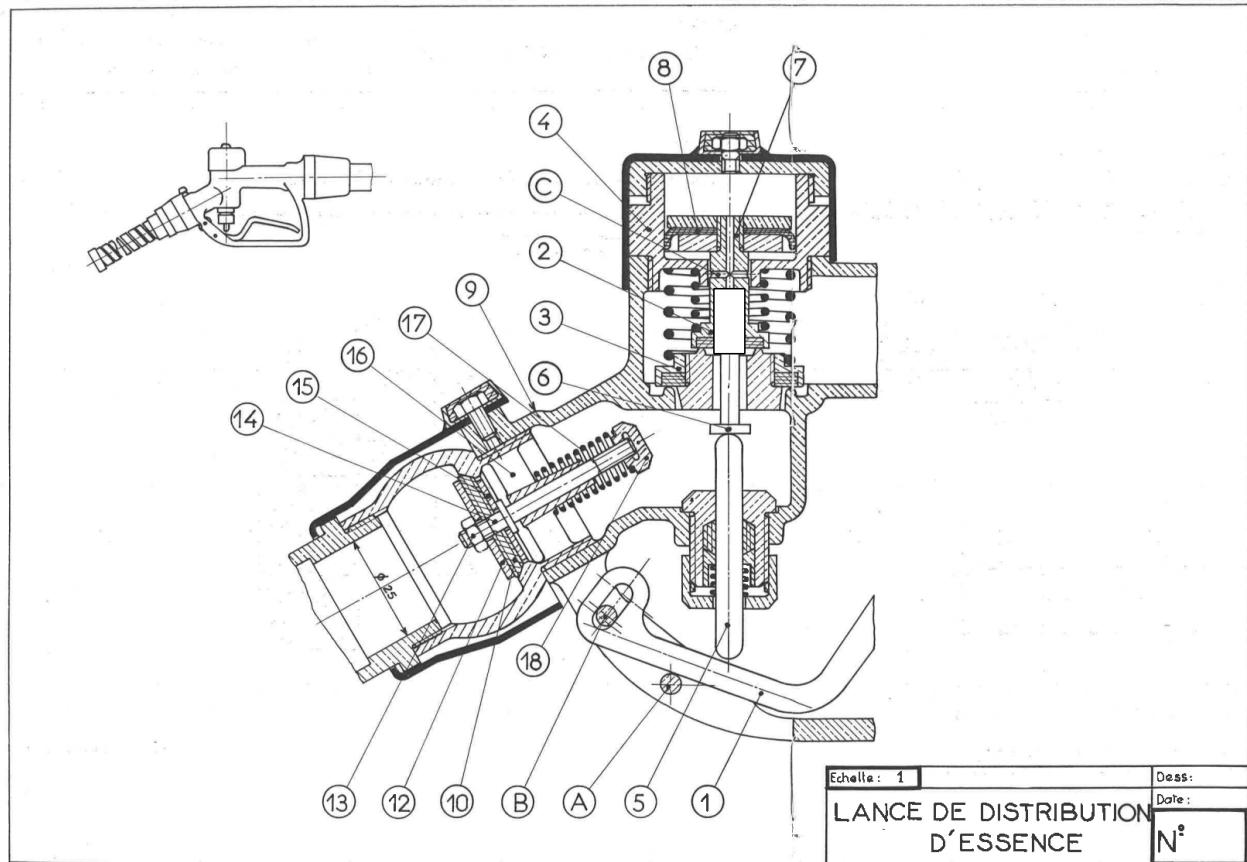
**Question 36 :** Conclure quant à la capacité du préhenseur de pièce à vérifier (ou non) le cahier des charges fourni, en terme de rapidité.

### 3 Torseur d'action mécanique transmissible par une liaison

**Question 37 :** Compléter le tableau sur le document réponse (en respectant les notations) pour les différentes liaisons proposées.

## 4 Assemblage vissé dans une lance de distribution

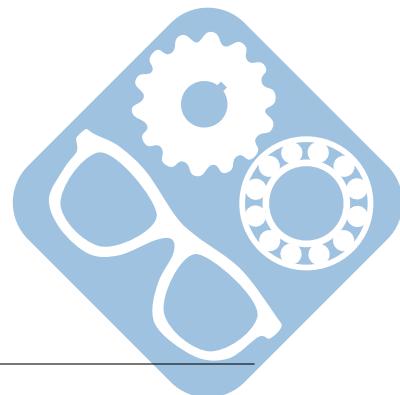
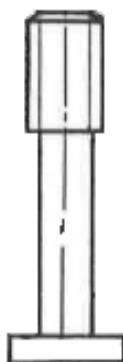
Le système suivant est une lance de distribution d'essence.



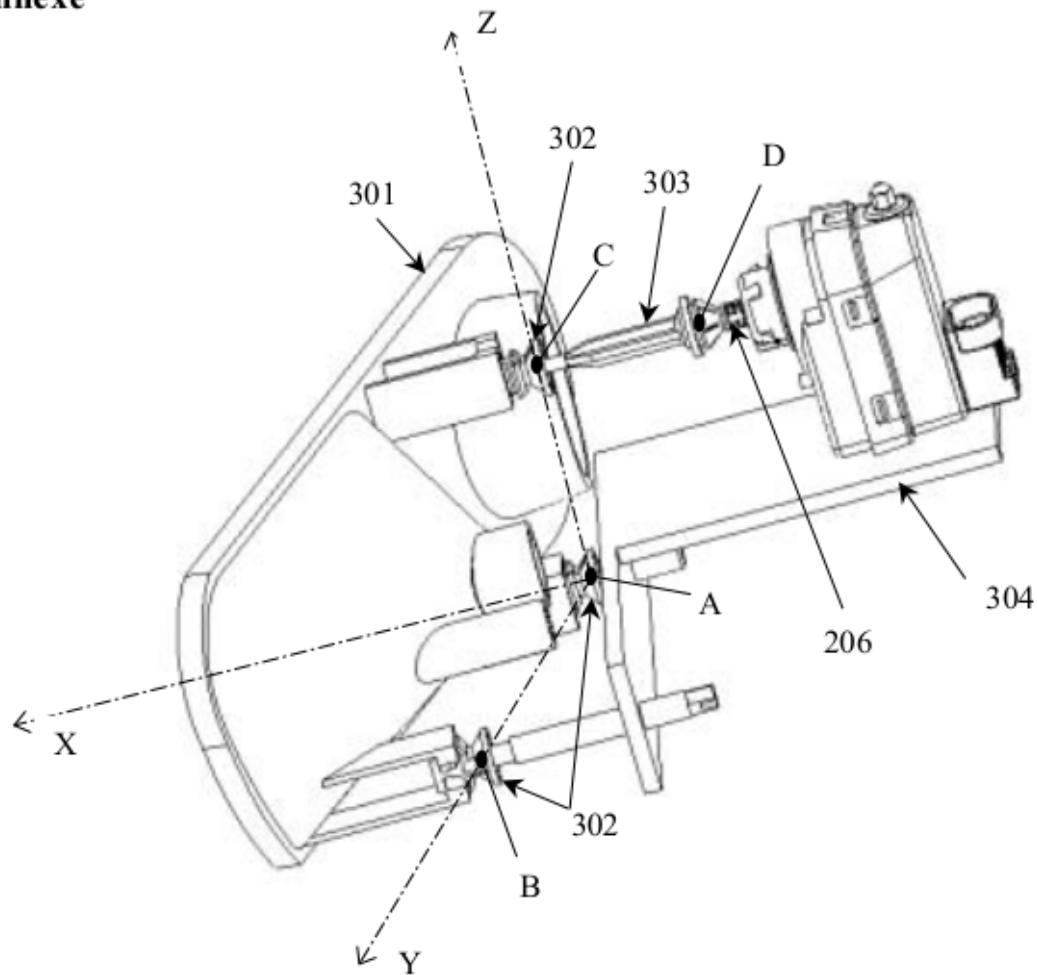
La vis 6 permet de transmettre le mouvement de la gâchette 1 à la pièce 7 qui permet de laisser passer ou de bloquer l'essence.

Celle-ci est représenté à droite. Sa mise en place sur le système est à concevoir.

**Question 38 :** Proposer, sur le document réponse, une solution d'assemblage démontable de la pièce 6 sur la pièce 7. Les tracés ne devront apparaître qu'à l'intérieur du rectangle blanc.



## Annexe



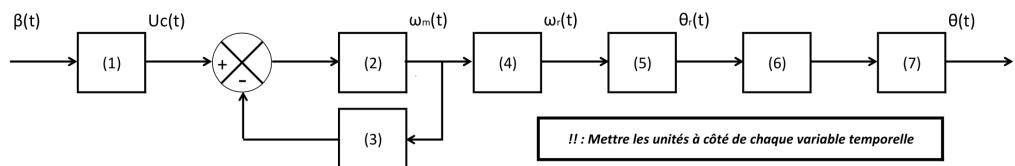
Rep.	Nbr.	Désignation	Observations
304	1	Bâti fixe	
303	1	Biellette de poussée	
302	3	Rotule femelle	
301	1	Bloc d'orientation	
206	1	Axe de sortie	

Système d'orientation

## 5 Document réponse

### 5.1 Correcteur de portée de phare

**Question 1 :**

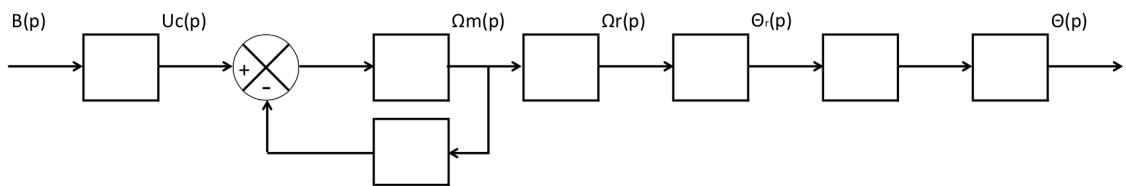


	Fonction
(1)	
(2)	
(3)	
(4)	
(5)	
(6)	
(7)	

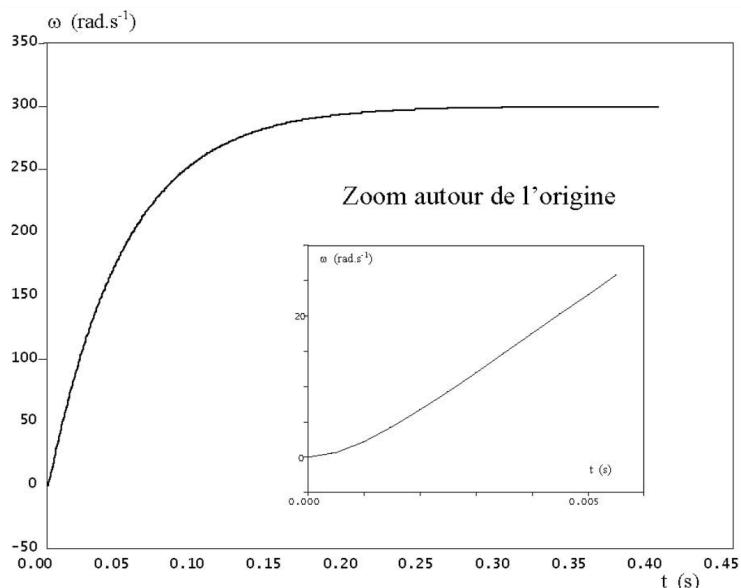
**Question 2 :**

**Question 3 :**

**Question 4 :**

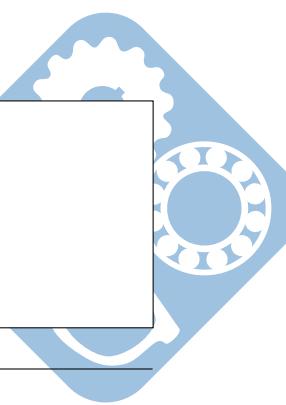


**Question 5 :**



**Question 6 :**

**Question 7 :**



Nom: ..... Prénom: .....

**Question 8 :**

**Question 9 :**

**Question 10 :**

**Question 11 :**

**Question 12 :**

**Question 13 :**

**Question 14 :**

**Question 15 :**

**Question 16 :**

Nom: ..... Prénom: .....

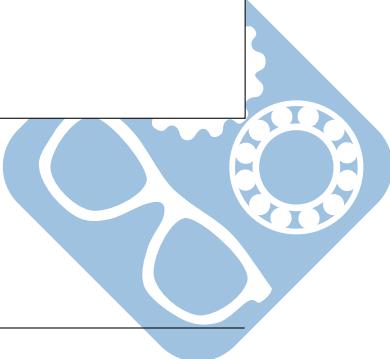
**Question 17 :**

**Question 18 :**

**Question 19 :**

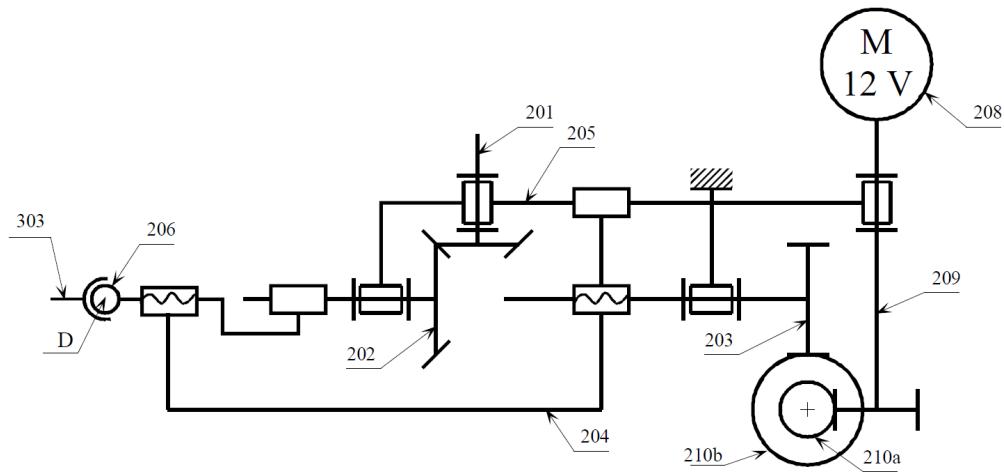
**Question 20 :**

**Question 21 :**

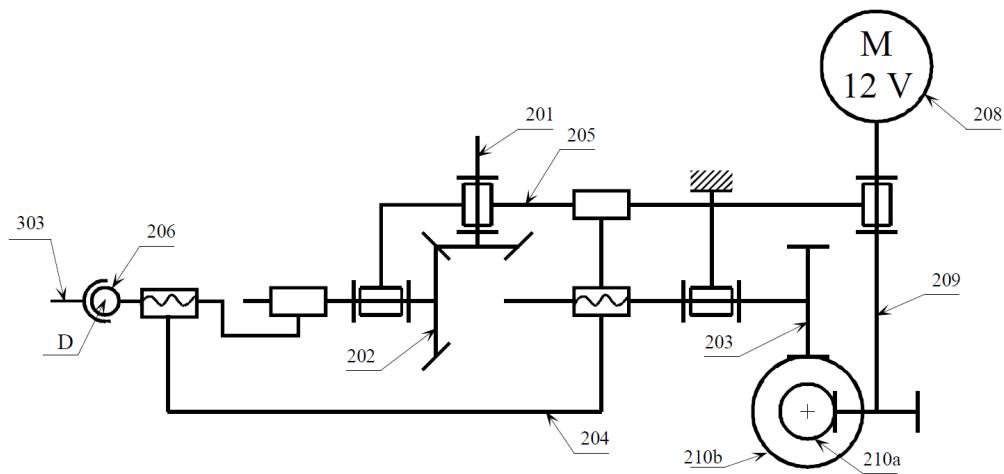


**Question 22 :**

Réglage motorisé

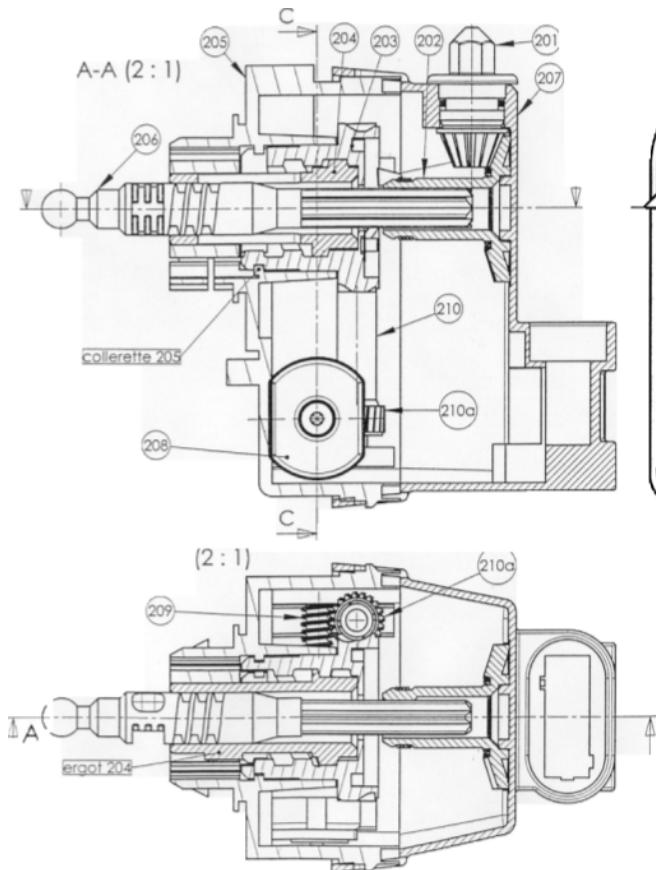


Réglage manuel



Nom: ..... Prénom: .....

**Question 23 :**



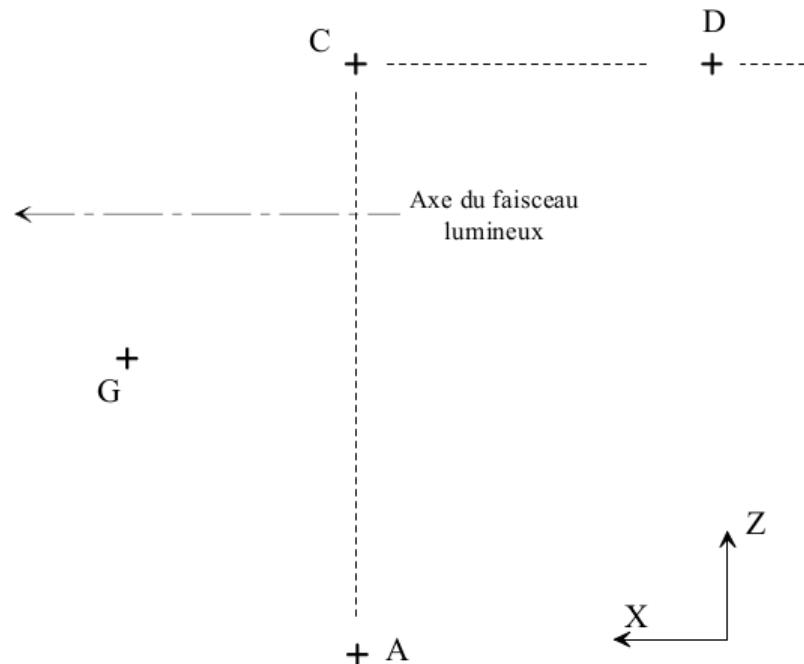
		Z <sub>209</sub> = 2 filets
209	1	Z <sub>209</sub> = 20 dents Z <sub>209</sub> = 1 filet
208	1	Moteur 12 Vcc
207	1	Boltier droit
206	1	Axe de sortie
205	1	Boltier gauche
204	1	Manchon fileté
203	1	Roue dentée
202	1	Roue de renvoi
201	1	Bouton de réglage manuel
Rep.	Désignation	Observations

**Question 24 :**

**Question 25 :**

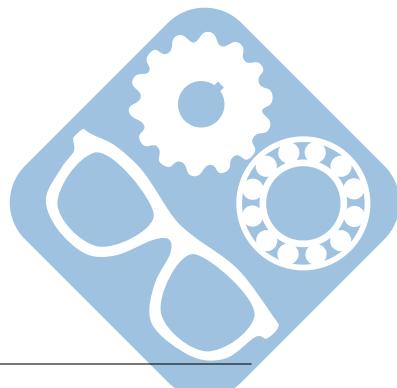
**Questions 26 et 27 :**

**Document réponse 3**



N.B. : le point G est ramené dans le plan ( $A, \bar{x}, \bar{z}$ ).

Echelle impérative : 10 mm pour 1  $mm/s$ .



Nom: ..... Prénom: .....

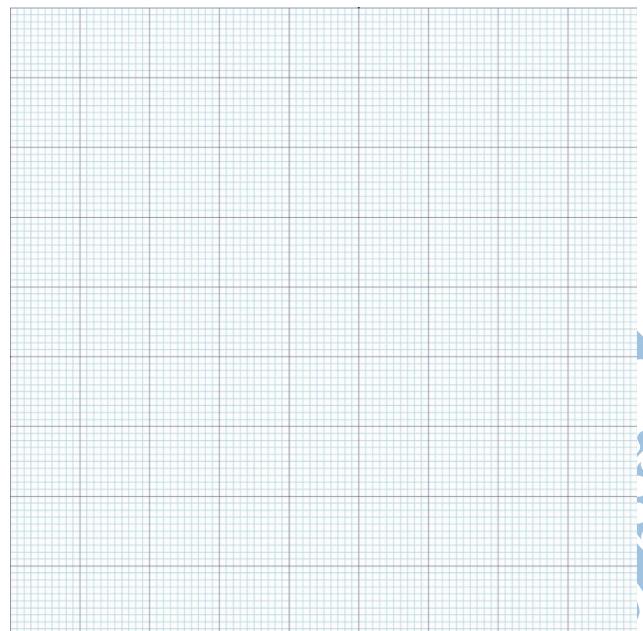
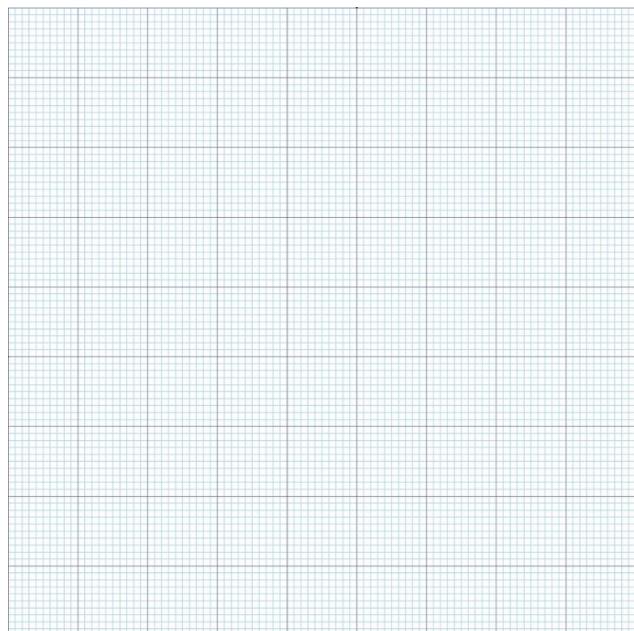
## 5.2 Robot préhenseur de pièces

**Question 28 :**

**Question 29 :**

**Question 30 :**

**Question 31 :**

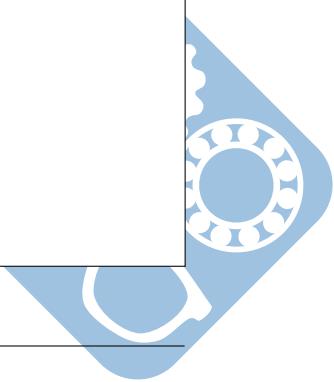


**Question 32 :**

**Question 33 :**

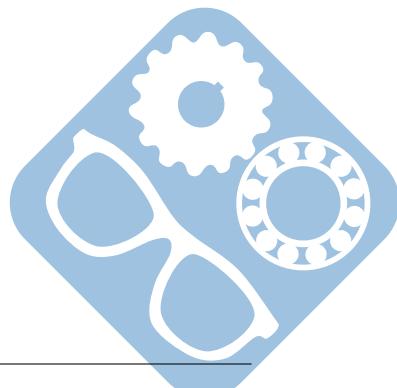
**Question 34 :**

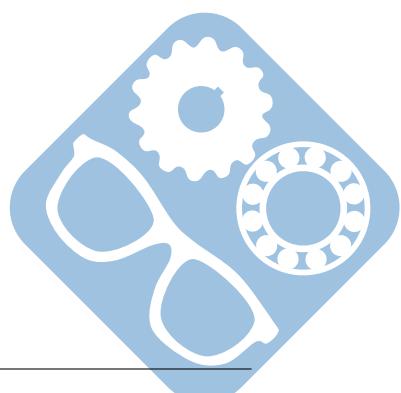
**Question 35 :**



Nom: ..... Prénom: .....

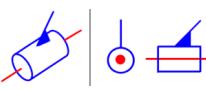
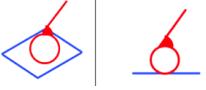
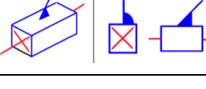
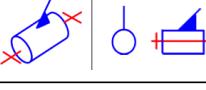
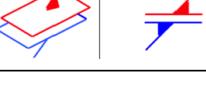
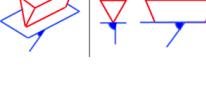
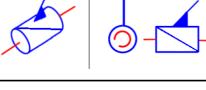
**Question 36 :**

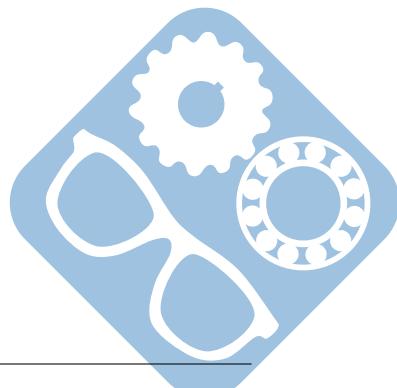




### 5.3 Torseur d'action mécanique transmissible par une liaison

Question 37 :

Nom et description géométrique	Représentation 3D   2D	Validité (axe ou direction)	Forme du torseur cinématique (colonne)	Forme du torseur de l'action mécanique transmissible (colonne)
Pivot glissant d'axe ( $O, \vec{x}$ )		Tout point A de l'axe ( $O, \vec{x}$ )		
Sphère plan de point de contact O et de normale $\vec{z}$		Tout point A de la normale ( $O, \vec{z}$ )		
Glissière de direction $\vec{x}$		Tout point A de l'espace		
Pivot d'axe ( $O, \vec{x}$ )		Tout point A de l'axe ( $O, \vec{x}$ )		
Appui plan de normale $\vec{z}$		Tout point A de l'espace		
Linéaire rectiligne de ligne de contact ( $O, \vec{x}$ ) et de normale $\vec{z}$		Tout point A du plan ( $O, \vec{x}, \vec{z}$ )		
Hélicoïdale d'axe ( $O, \vec{x}$ ) et de pas $p$		Tout point A de l'axe ( $O, \vec{x}$ )		



## 5.4 Assemblage vissé

Question 38 :

