

DATE			HEURE DÉBUT	HEURE FIN
8	02	25	8 h 10	11 h 10

CLASSE	PCSIb
--------	-------

MATIERE	S.I.
---------	------

PROFESSEUR	LILLONI 169
------------	-------------

CONSIGNES	Calculatrice	OUI <input checked="" type="checkbox"/>	NON <input type="checkbox"/>
	Documents	OUI <input type="checkbox"/>	NON <input checked="" type="checkbox"/>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sortie aux toilettes de 5 min maximum autorisée à partir de 9h15.</li> <li>- Pas de téléphone sinon exclusion immédiate.</li> <li>- Les <u>résultats sont à encadrer</u> (points en moins sinon)</li> <li>- Les 2 parties sont à rendre sur des <u>copies séparées et numérotées.</u></li> <li>- Calculatrice autorisée</li> </ul>		

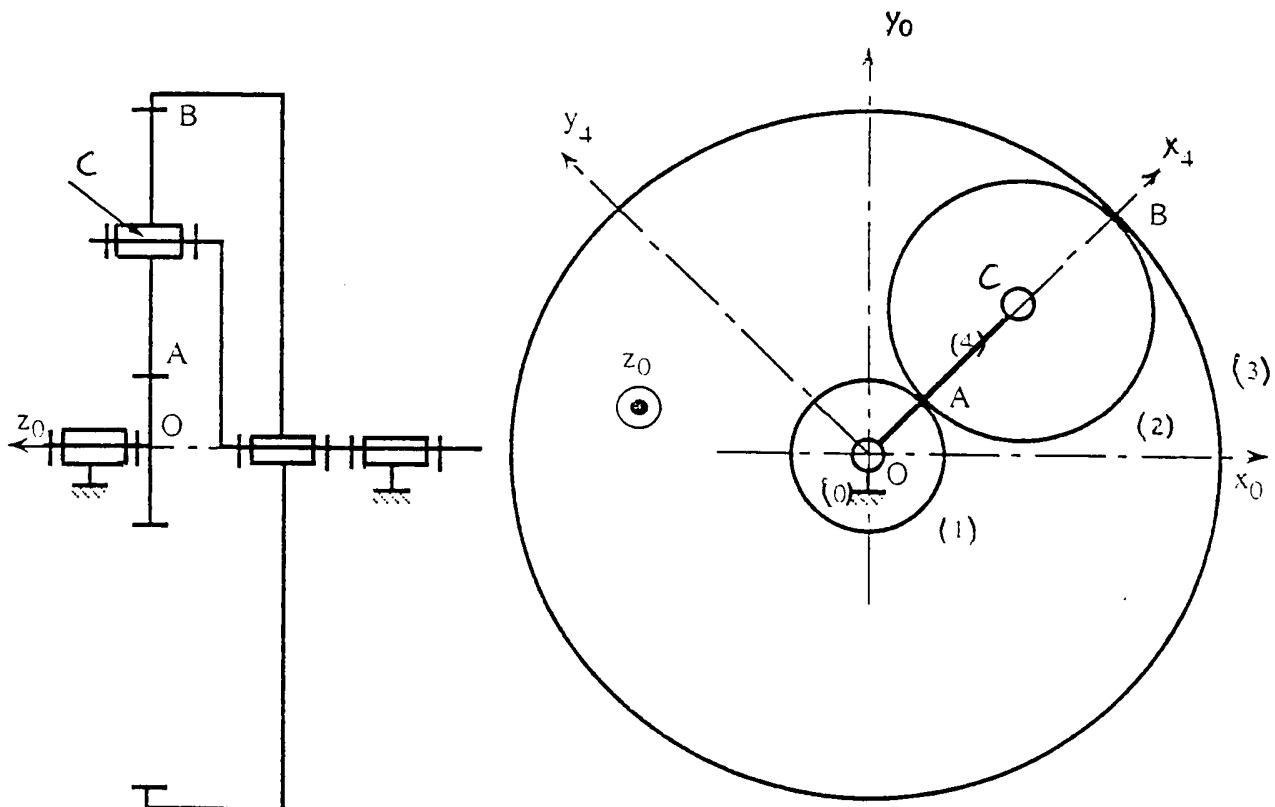
**TRAIN EPICYCLOÏDAL et APPLICATION au REFROIDISSEMENT d'un VEHICULE 4x4  
(1 heure environ)**

**Objectif :** vérifier les performances d'un système de refroidissement adapté aux véhicule 4x4 utilisant un système mécanique « différentiel » pour ajuster la vitesse de rotation du ventilateur du radiateur aux conditions de régime moteur et de vitesse du véhicule.

En effet, il est nécessaire de refroidir davantage le liquide de refroidissement du moteur passant dans le radiateur dans le cas d'une faible vitesse du véhicule avec fortes contraintes du moteur, ce qui se présente lors de franchissement d'obstacles.

On comprend que ce système n'est pas destiné à des véhicules standards pour lesquels la gestion de cette vitesse de rotation est généralement commandée en « tout ou rien ».

### 1. Etude générale d'un train d'engrenages épicycloïdal



On notera  $\omega_{ij}$  la vitesse de rotation du solide (i) par rapport au solide (j) telle que :  $\vec{\Omega}_{i/j} = \omega_{ij} \cdot \vec{z}_0$

On utilise ce type de train d'engrenage pour pouvoir combiner des vitesses de rotations (mécanisme différentiel).

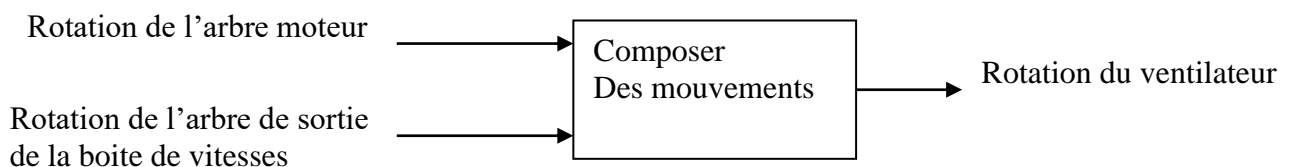
Il est constitué d'un pignon planétaire intérieur (1) de rayon primitif  $r_1$  en liaison pivot d'axe  $(O, \vec{z}_0)$  avec la bâti (0), d'une couronne dentée planétaire extérieur (3) (de rayon primitif  $r_3 = r_1 + 2 \cdot r_2$ ) en liaison pivot d'axe  $(O, \vec{z}_0)$  avec le porte satellite (4) lui-même en liaison pivot d'axe  $(O, \vec{z}_0)$  avec le bâti (0).

Le pignon satellite de rayon primitif  $r_2$  (2) engrène en A avec (1) en B avec (3) et est en liaison d'axe  $(C, \vec{z}_0)$  avec (4).

Questions :

- 1.1. Tracez le graphe de liaisons du mécanisme.
- 1.2. Traduisez sous forme de relations vectorielles le roulement sans glissement en A et en B.
- 1.3. Exprimer le plus simplement possible les torseurs cinématiques  $\{V_{1/0}\}$ ,  $\{V_{4/2}\}$ ,  $\{V_{4/0}\}$ ,  $\{V_{3/4}\}$ ,  $\{V_{3/2}\}$ ,  $\{V_{3/0}\}$ ,  $\{V_{2/1}\}$
- 1.4. Ecrire sous forme torsielle les 2 fermetures cinématiques permettant de déterminer la relation entre  $\omega_{10}$ ,  $\omega_{30}$ ,  $\omega_{40}$  et les rayons  $r_1$  et  $r_2$ .
- 1.5. Exprimer les 2 relations scalaires utiles contenant  $\omega_{24}$  en utilisant composition des vitesses d'entraînement et la relation de changement de point.  
Ecrivez la relation sous la forme :  $\omega_{10} - K \omega_{30} + (K-1) \omega_{40} = 0$   
Le nombre K est appelé « raison du train ». Exprimez K en fonction de  $r_1$  et  $r_2$ .

## 2. Refroidissement du moteur d'un véhicule « quatre-quatre »



La disposition constructive retenue est la suivante :

- $\omega_{10} = \omega_b$  = rotation de l'arbre de sortie de la boîte de vitesses par rapport au châssis du véhicule
- $\omega_{40} = \omega_m$  = rotation de l'arbre moteur par rapport au châssis du véhicule
- $\omega_{30} = \omega_v$  = rotation du ventilateur par rapport au châssis du véhicule

### Caractéristiques techniques du véhicule étudié :

- le rapport de boîte de vitesses est le nombre  $r = \frac{\omega_b}{\omega_m}$ , avec :
  - en marche arrière  $r = -0,2$
  - en première  $r = 0,2$
  - en seconde  $r = 0,4$
  - en troisième  $r = 0,6$
  - en quatrième  $r = 0,8$
  - en cinquième  $r = 1$
- le rapport de la transmission (dépendant des rapports des ponts et du diamètre des roues) est de 2 mètres d'avancement du véhicule pour 5 tours de l'arbre de sortie de la boîte de vitesses.

#### 2.1. Choix du train épicycloïdal

Question :

- 2.1.1. Montrer que quelle que soit la raison K retenue pour le train épicycloïdal, en cinquième vitesse on aura toujours  $\omega_v = \omega_m$ .

Des études expérimentales montrent que pour que le refroidissement soit correct en première vitesse, il est nécessaire que  $\omega_v = 1,4 \omega_m$ .

Questions :

**2.1.2. En déduire la valeur de K à retenir.**

**2.2. Etude des performances**

Questions :

**2.2.1. Avec la valeur de K retenue, calculez alors le rapport  $\frac{\omega_v}{\omega_m}$  pour les différents rapports de boîte.**

Le graphe donné sur la feuille réponse en fin de sujet donne l'évolution temporelle de la vitesse de déplacement du véhicule lors d'une phase de décélération uniforme de 96 km/h à 9,6 km/h, puis stabilisation à 9,6 km/h sur le premier rapport de la boîte de vitesses. Les changements de rapport de la boîte de vitesses sont indiqués. Lors de cette phase de décélération la vitesse de rotation du moteur et donc celle du ventilateur vont avoir des variations décroissante par morceau avec des augmentations au moment du changement de rapport de boîte.

Questions :

**2.2.2. Montrer qu'à l'instant initial en 5<sup>eme</sup> vitesse :  $\omega_b = \omega_m = \omega_v = 4000 \text{tr/min}$**

**2.2.3. Complétez ce graphe en y faisant figurer les évolutions de  $\omega_b$  en vert,  $\omega_m$  en noir et  $\omega_v$  en vert. Les différentes justifications de vos tracés seront données à côté du graphe.**

## ETUDE DE L'ASSERVISSEMENT D'UN SYSTEME DE PREHENSION

### 1. Mise en situation



Le groupe TECH-INTER commercialise du matériel de laboratoire d'histopathologie. Cette spécialité médicale consiste à découper des tissus d'organes en fine épaisseur (4-5  $\mu\text{m}$ ). Ces tissus sont ensuite collés sur des lames de verres de 2 mm d'épaisseur (photo 2 document 2) puis colorés chimiquement dans un automate. Pour certains tissus, il est nécessaire de coller sur les tissus colorés une lamelle de verre de 0,3 mm d'épaisseur afin de les protéger (photo 3 document 2). Cette dernière opération est très délicate à effectuer manuellement et très longue, une étude pouvant comporter plusieurs centaines de lames.

L'appareil appelé « Colleuse de lamelle » automatise ce procédé (photo ci-contre et photo 1 document 1).

#### a. Préparation de l'appareil

Les lames sont placées manuellement dans des paniers disposés dans des bacs inox remplis de toluène (photos 1, 2, 4 et 5 documents 1 et 2). Ces bacs sont positionnés sur un rail de transport puis glissés dans l'appareil (photos 4 et 5 document 2). Un tiroir de rangement ayant été préalablement chargé en lamelles, un récipient de colle ayant été placé dans l'appareil et des racks de réception glissés dans l'élévateur, le cycle peut commencer.

#### b. Cycle de collage

L'opérateur programme la quantité de colle et le temps de séchage des lames collées puis appuie sur le bouton START. Le cycle se réalise alors automatiquement.

Le tapis roulant fait avancer le bac contenant le panier et un système de comptage détermine le nombre  $n$  de lames et leur position dans le panier.

Un mécanisme bielle – manivelle muni d'une pince positionne une lame horizontalement et la dépose sur le support de lame. Dans le même temps, une lamelle est aspirée du tiroir de rangement grâce à une pompe à vide puis est positionnée par un bras manipulateur au-dessus de la lame.

Un distributeur de colle dépose la colle sur la lame puis la lamelle descend sur la lame.

L'ensemble collé « lame – lamelle » est stocké dans un rack par le support de lame.

#### c. Partie opérative et partie commande

Les actions de positionnement de la lame et de la lamelle sont réalisées grâce à des mécanismes de type :

- « *bielle – manivelle* » pour le positionnement de la lame ;
- « *bras manipulateur* » pour le positionnement de la lamelle (photos 6 et 7 document 2).

Les actions permettant de compter les lames, de positionner les lames et les lamelles, de coller la lamelle sur la lame, de stocker les ensembles « lame + lamelle collées » sont coordonnées et commandées par une unité centrale.

## 1. Présentation du système de préhension

Le mouvement du système de préhension d'une lamelle (photo 1 document 1) est très complexe. Il faut en effet prendre et positionner la lamelle très fragile à des moments et des endroits bien précis.

Le mouvement peut être séparé en deux mouvements :

- Un mouvement de rotation (axe  $z_0$ ) commandé par une came (non étudié ici) ;
- Un mouvement de translation (axe  $z_0$ ) commandé par un système vis-écrou.

C'est ce dernier mouvement qui va être étudié ici (voir schéma cinématique).

Un moteur à courant continu entraîne un réducteur à engrenage. Sur l'axe de ce dernier est accouplée une vis en acier **7** qui entraîne un écrou monté sur une platine **8** en liaison glissière avec le bâti **0** de la colleuse.

Cette platine entraîne l'axe **9** du système de préhension d'un mouvement vertical.

Ce mécanisme de préhension est commandé en position ( $\lambda_c$ ) suivant le schéma bloc représenté en annexe.

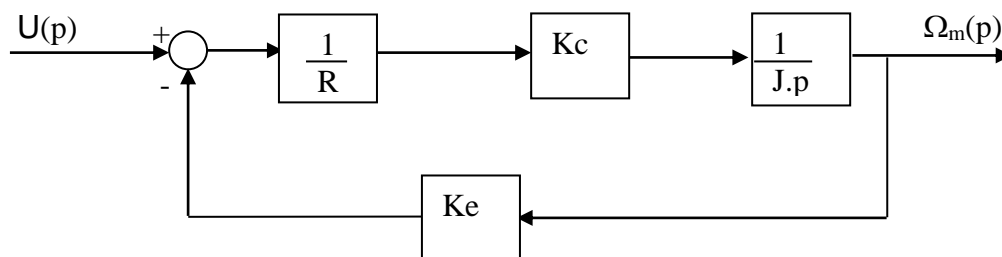
**Question 1** : Dans les parties grisées du document réponse indiquer la grandeur physique entre deux blocs ainsi que l'unité (exemple : Poids, N).

## 2. Etude de l'asservissement en position sans perturbation

On s'intéresse dans un premier temps au système en boucle fermée sans perturbation  $F(p)$ .

Dans toutes les questions suivantes on pose :  **$K_p = 1$** .

**Question 2** : Déterminer la fonction de transfert du moteur seul :



**$H_1(p) = \Omega_m(p)/U(p)$**  en fonction de  **$K_e$ ,  $R$ ,  $J$ , et  $K_c$** .

Mettre  **$H_1(p)$**  sous forme canonique.

Exprimer en fonction des constantes et calculer numériquement les paramètres canoniques notés  **$T_m$**  et  **$K_m$** . Préciser les unités.

**Question 3** : Déterminer la fonction de transfert du système entier,  **$H_2(p) = \lambda(p)/\lambda_c(p)$**  en fonction de  **$T_m$ ,  $K_m$ ,  $A$ ,  $Pas$  et  $r$** . ( **$K_p = 1$** ).

Mettre  **$H_2(p)$**  sous forme canonique, préciser l'ordre du système et déterminer ses caractéristiques en fonction des composantes du système :  **$T_m$ ,  $K_m$ ,  $A$ ,  $Pas$ ,  $r$** .

Le déplacement du préhenseur impose un mouvement très précis.

Lorsque le système est soumis à un échelon de position, la réponse à cet échelon ne doit pas comporter de dépassement.

**Question 4** : Donner la valeur mini du coefficient d'amortissement  **$z$** .

Déterminer littéralement la valeur de  **$A$**  pour ce réglage en fonction des composantes du système. Calculer  **$A$**  numériquement.

**Question 5** : Calculer la pulsation propre non amortie  **$\omega_0$**  avec cette valeur maximale de  **$A$**  en fonction des composantes du système, calculer numériquement  **$\omega_0$**  puis mettre  **$H_2(p)$**  sous la forme canonique la plus simple numériquement.

**Question 6** : Le résultat d'un essai à vide avec cette valeur de réglage de  **$A$**  correspond à la courbe fournie en document réponse. Déterminer les valeurs des paramètres canoniques de la fonction de transfert du second ordre identifiable à partir de cet essai. Indiquer les valeurs relevées graphiquement sur les courbes proposées.

### 3. Etude de l'asservissement en position avec perturbation

On se propose d'évaluer l'influence d'une perturbation sur le système. Le cahier des charges impose une erreur de position maximale de **0,05 mm** pour une perturbation **F = 100 N**.

**Question 7 :** Déterminer la fonction de transfert  **$H3(p) = \lambda(p)/F(p)$** , en considérant

**$\lambda_c(p) = 0$** , en fonction de **Kc, Ke, r, Pas, R, A, J**.

Mettre  **$H3(p)$**  sous forme canonique, préciser l'ordre du système et déterminer les caractéristiques de la fonction de transfert  **$H3(p)$**  en fonction de **A, Kc, Ke, J, r, Pas, R**.

**Question 8 :** Si la force perturbatrice est de **100 N**, calculer (en prenant la valeur de **A** calculée à la question 4) l'effet  **$\Delta \lambda$**  de cette perturbation en régime permanent, conclure.

### 4. Etude de la réponse en fréquence sans perturbation :

Afin de déterminer la stabilité du système il est nécessaire de connaître la réponse en fréquence de la fonction de transfert en boucle ouverte du système.

**Question 9 :** Déterminer littéralement la fonction de transfert  **$H4(p) = \lambda(p) / (\lambda(p) - \lambda_m(p))$** , en prenant toujours (**Kp = 1**), en fonction de **A, Pas, r, Ke, J, Kc** et **R**.

**Question 10 :** Calculer numériquement en prenant la valeur de **A = 16000 V/m**, la fonction de transfert  **$H4(p)$** .

**Question 11 :** Quelle que soit la fonction trouvée précédemment, on prendra maintenant :

$$H4(p) = \frac{10}{p \cdot (1 + 0,025 p)}$$

Tracer les diagrammes asymptotiques de Bode de  **$H4(j \cdot \omega)$**  sur le document réponse.

Echelles : 5 cm pour 1 décade ; 2 cm pour 20 dB ; 2 cm pour 90°.

**On justifiera** les tracés en indiquant la méthode employée et en déterminant les équations des asymptotes de gain.

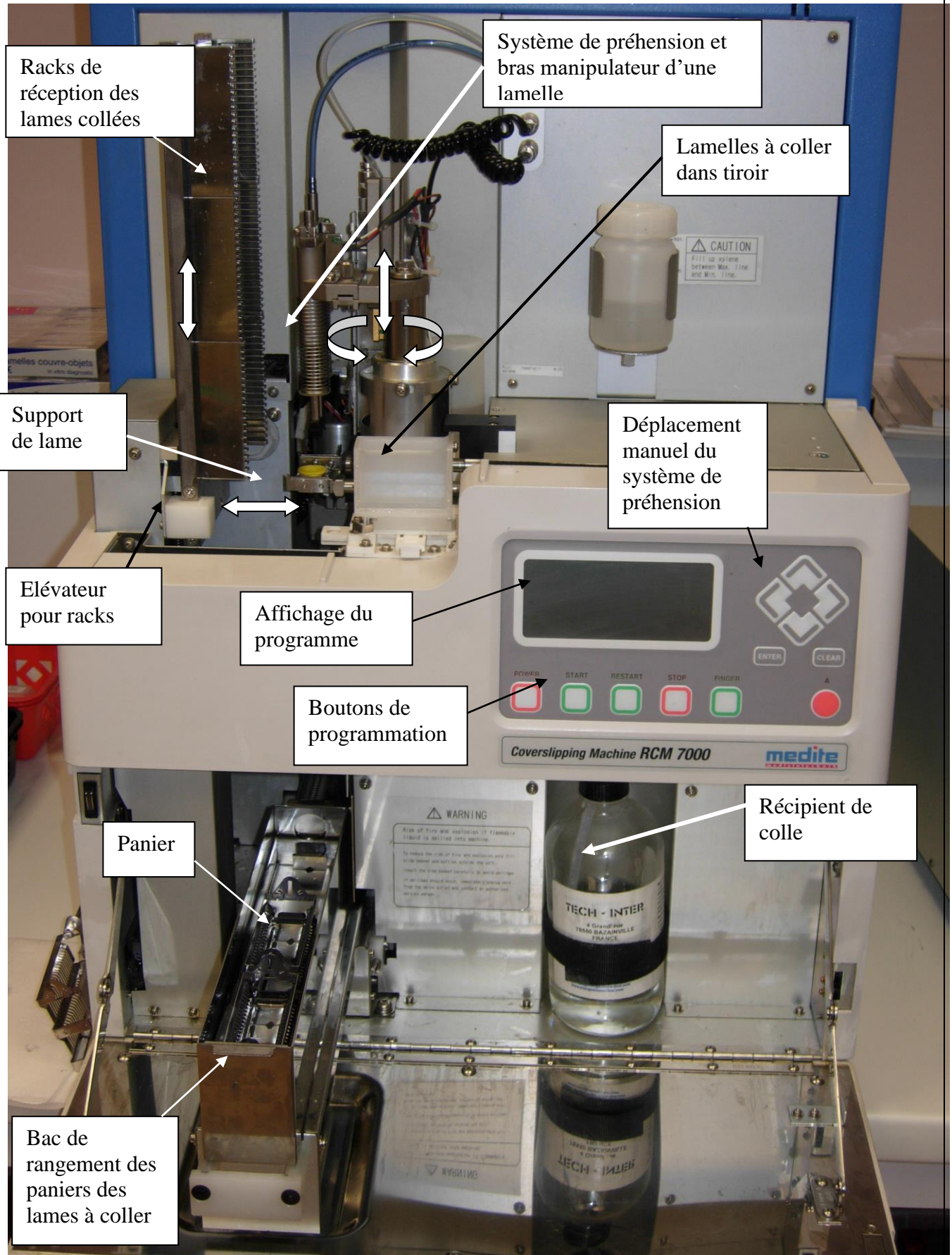
**Question 12 :** Déterminer la valeur de la pulsation ( **$\omega_c$** ) pour laquelle le gain est nul sur le diagramme asymptotique de Bode :  **$20 \log |H4(j \cdot \omega_c)| = 0$  dB**.

**Question 13 :** Calculer la valeur réelle de la phase pour cette pulsation :  **$\phi(\omega_c)$** .

On donne :

$\Theta^\circ$	3,57	7,12	14,0	26,6
$\tan(\Theta^\circ)$	1/16	1/8	1/4	1/2

Photo 1





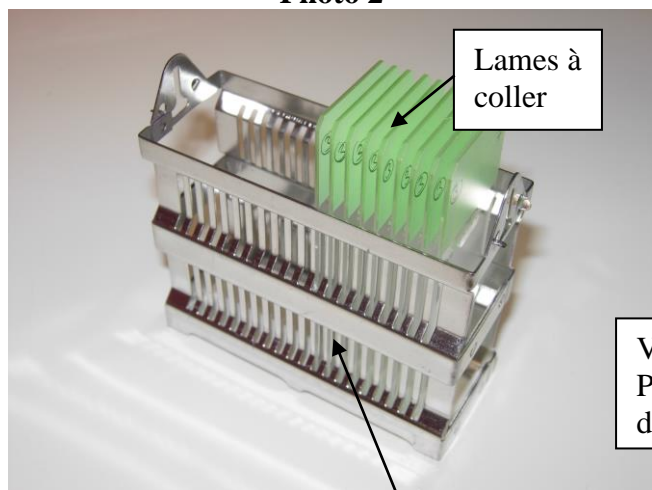
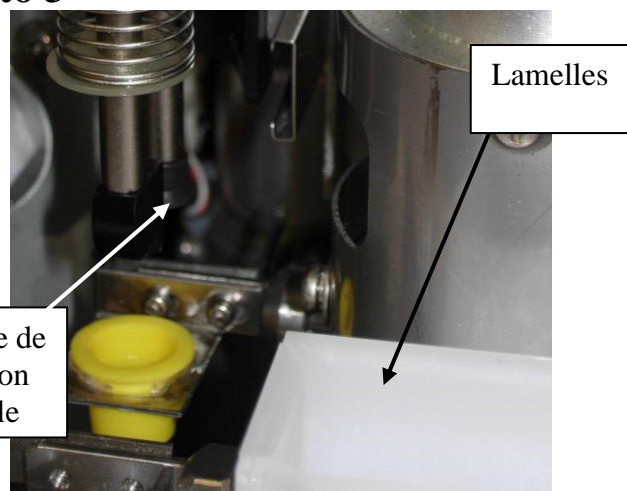
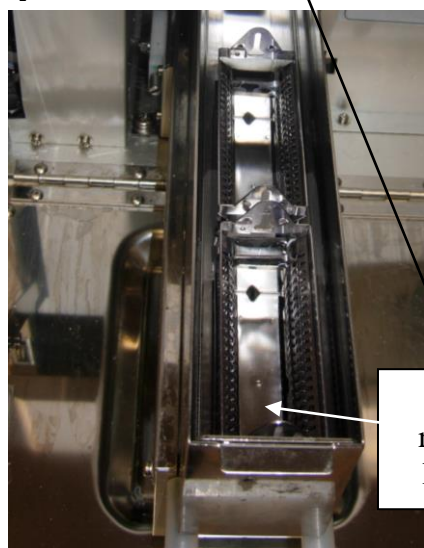
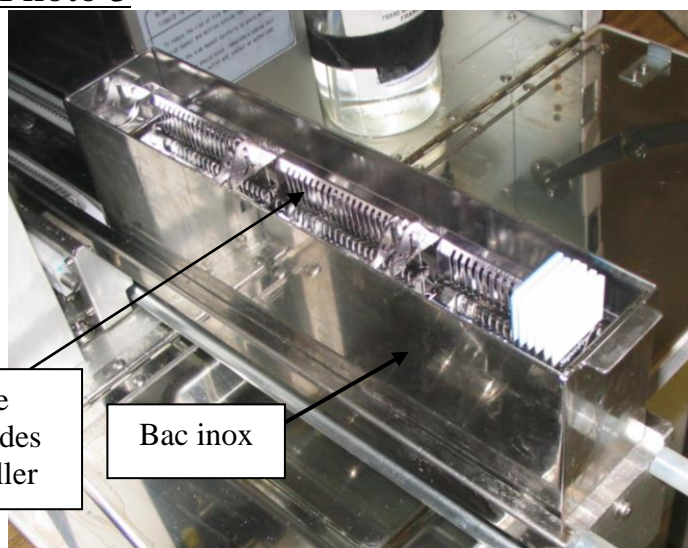
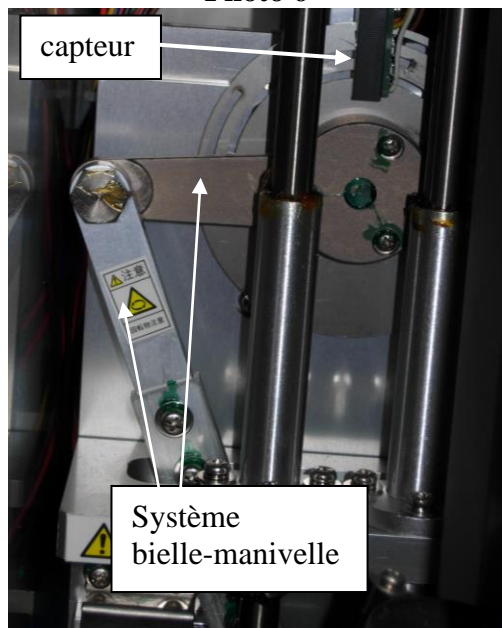
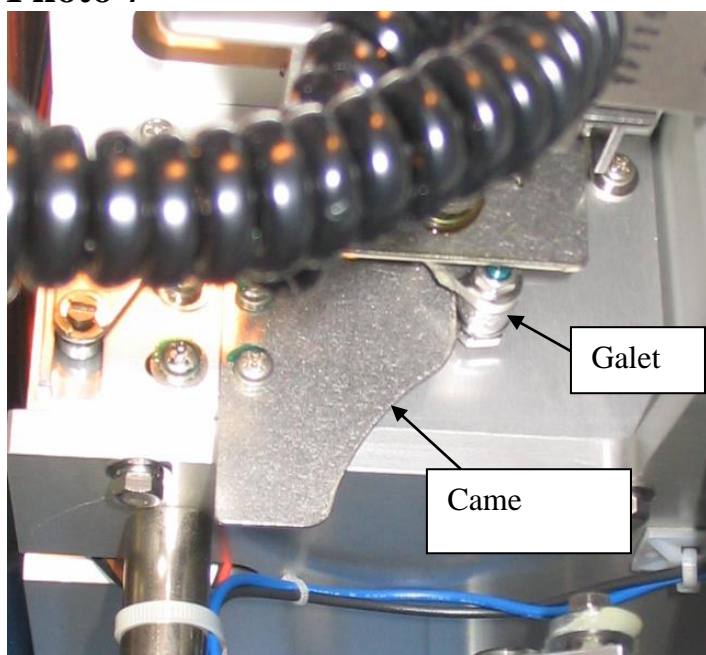
**Photo 2****Photo 3****Photo 4****Photo 5****Photo 6****Photo 7**

Schéma cinématique :

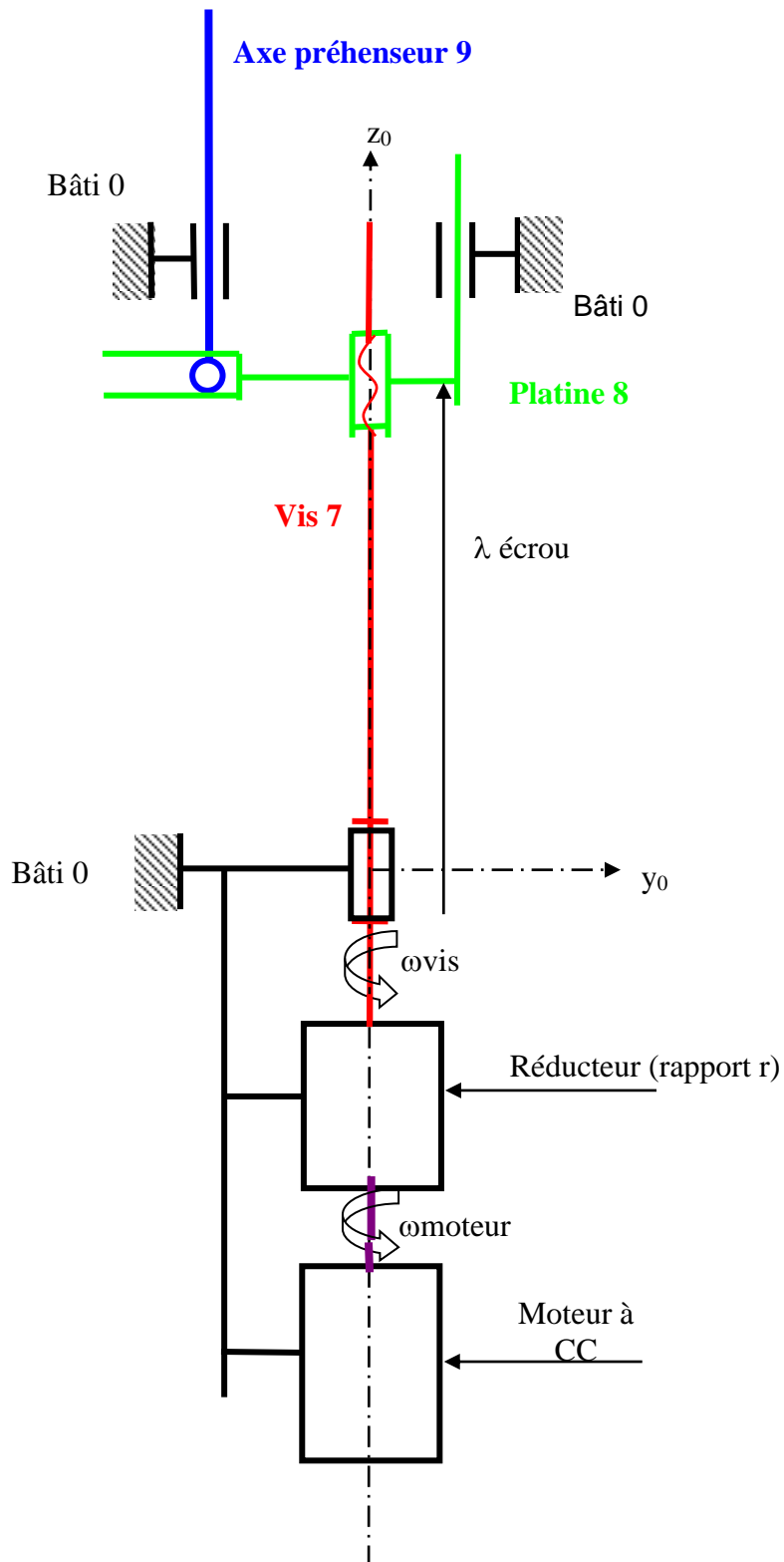
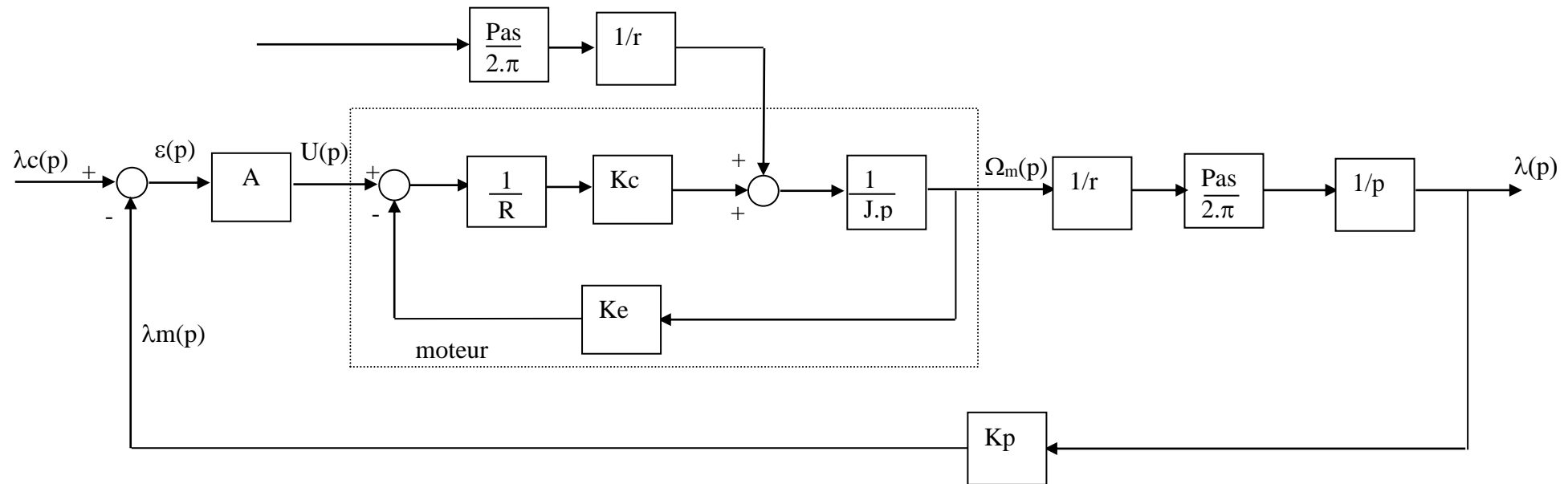


Figure 7

## Schéma bloc

## Document 4

Caractéristiques des composants :

Convertisseur amplificateur de gain réglable  $A$  en Volt/m

Résistance de l'induit  $R = 10 \, \Omega$

Constante de couple  $K_c = 20.10^{-3} \, \text{Nm/A}$

Constante de fcm  $K_e = 20.10^{-3} \, \text{V.s}$

Inertie du rotor  $J = 10^{-6} \, \text{Kg.m}^2$

Réduction du réducteur  $r = 20$

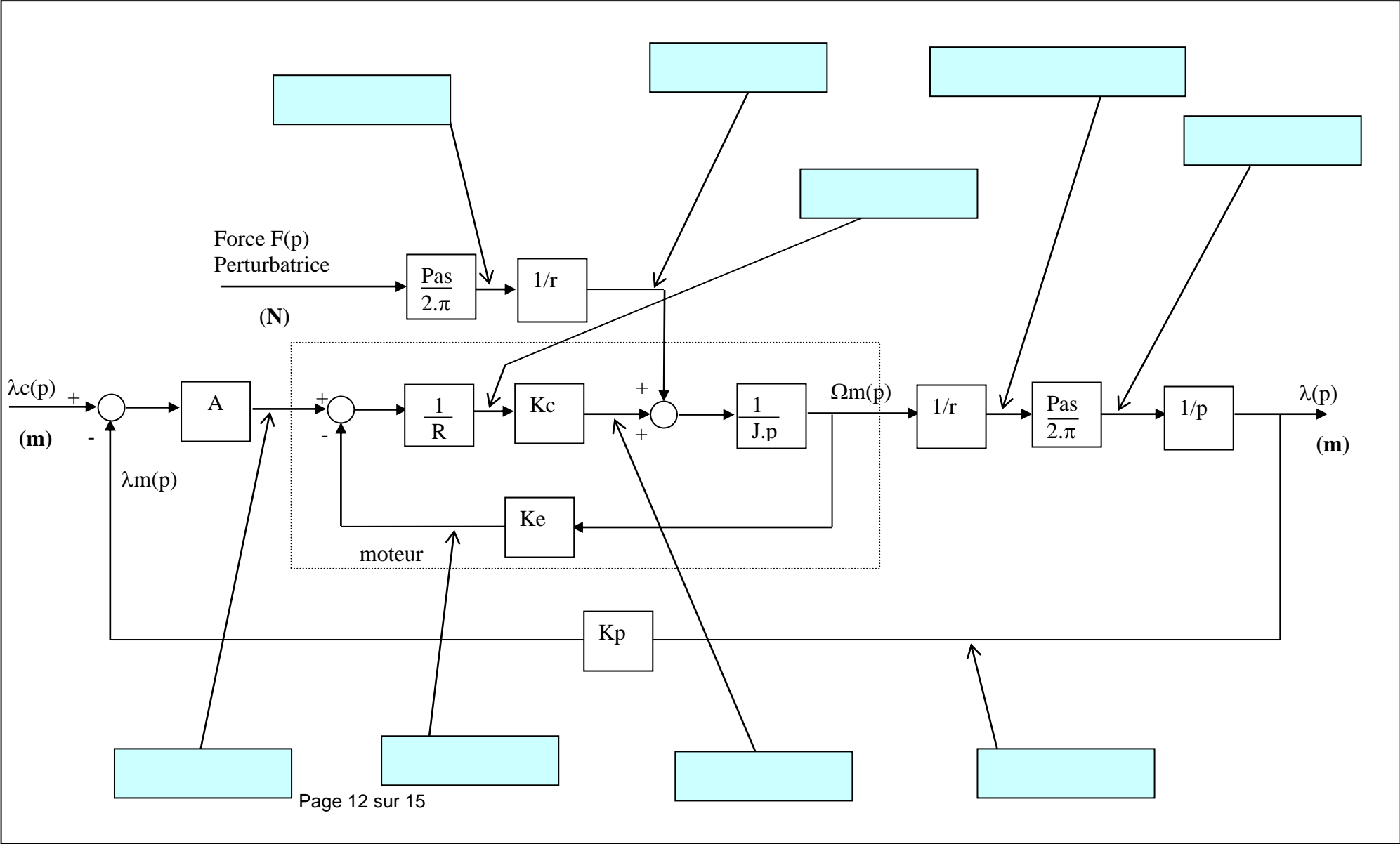
Pas du système vis-écrou  $Pas = (\pi/2) \cdot 10^{-3} \, \text{m}$  ( pour un tour )

Gain du capteur de position  $K_p = 1$

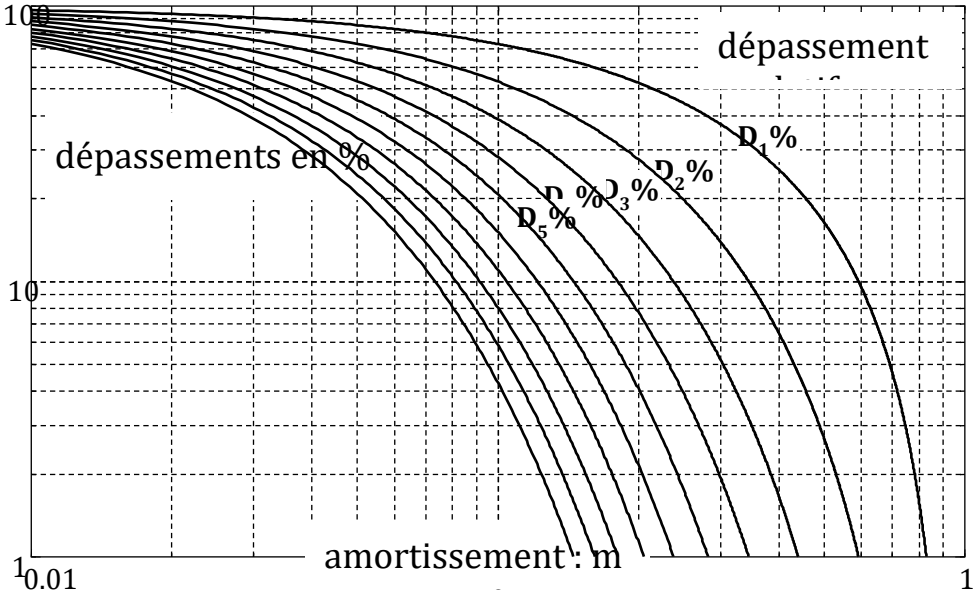
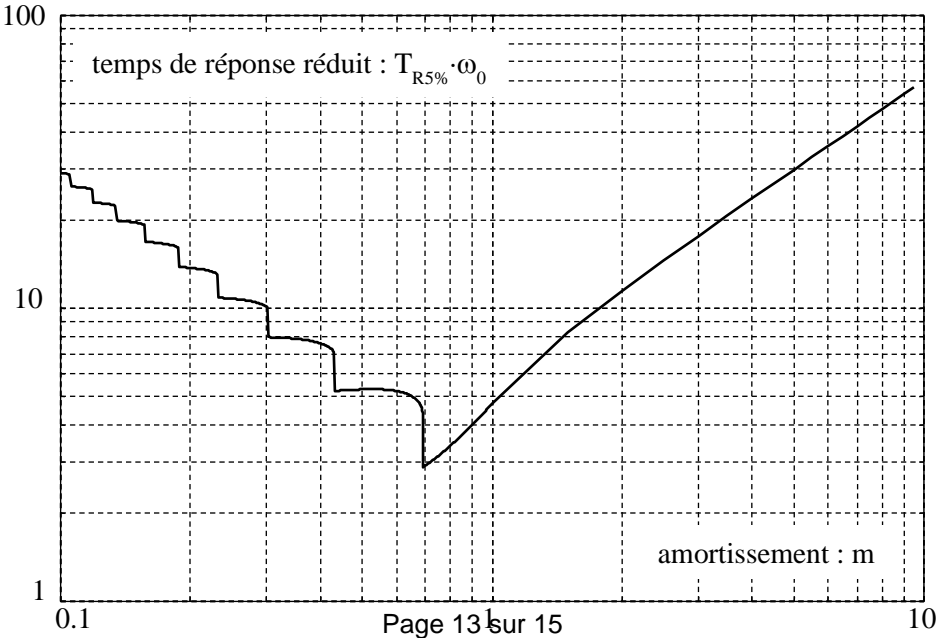
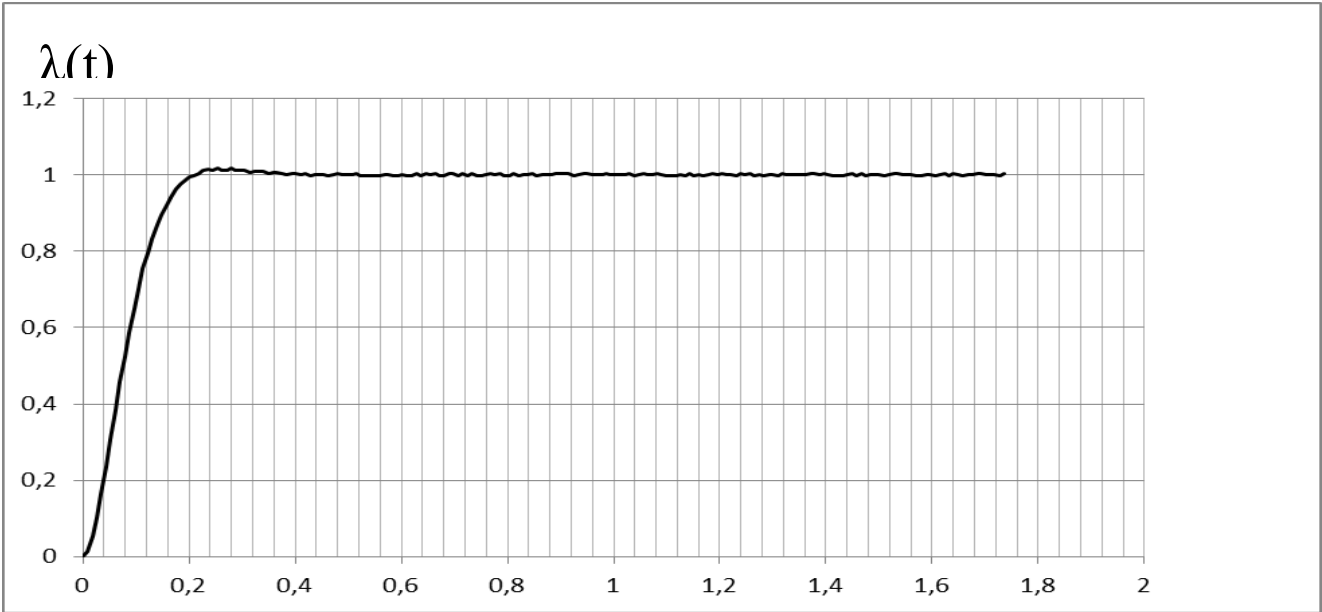
DOCUMENTS REPONSES

NOM :

Schéma bloc

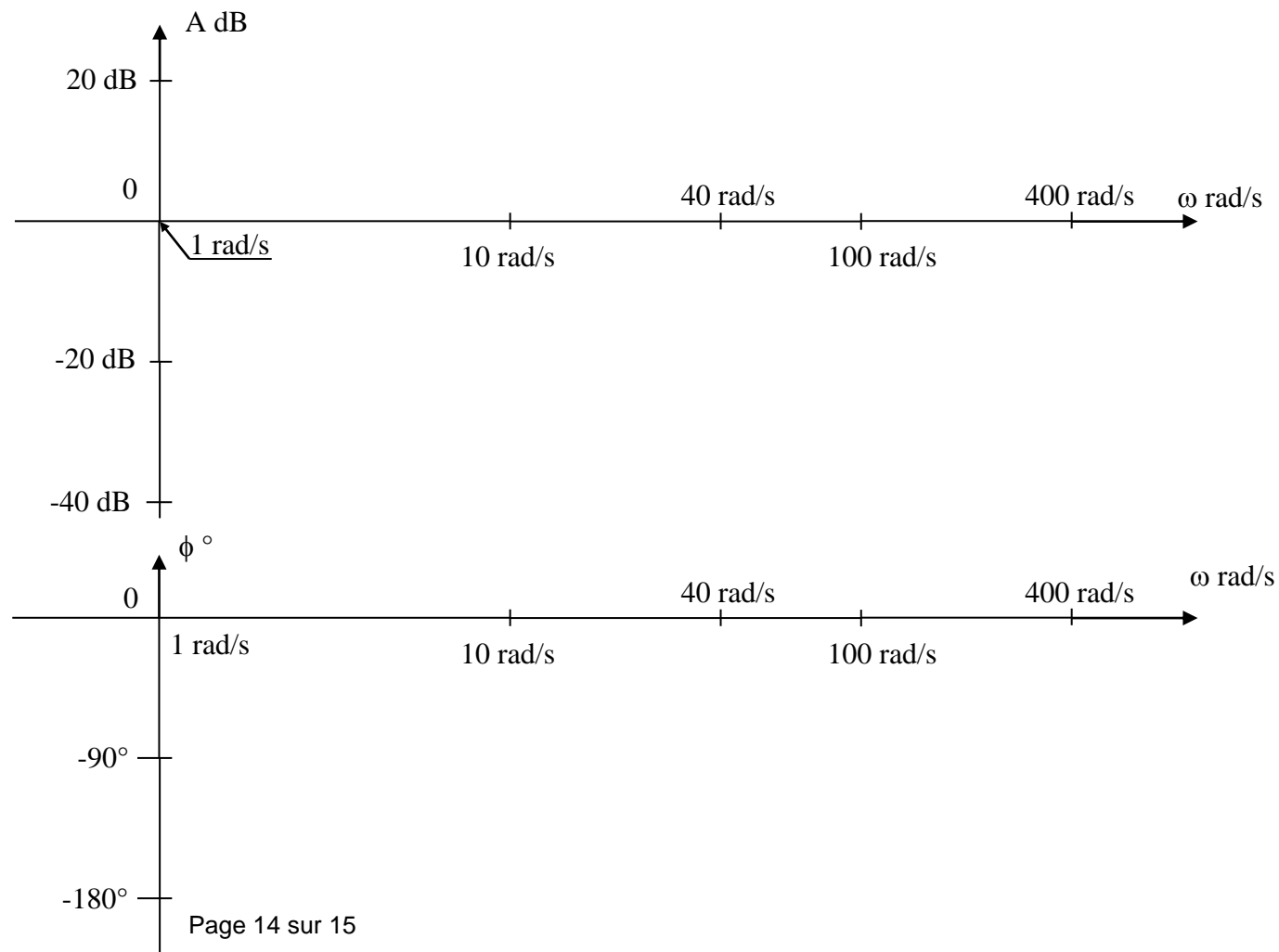


NOM :



**NOM :****Diagramme asymptotique de Bode de  $H_4(j.\omega)$** 

Echelles : 5 cm pour 1 décade ; 2 cm pour 20 dB ; 2 cm pour 90°



NOM :

Vitesses de rotation dans le système de REFROIDISSEMENT de véhicule « quatre-quatre »

