

REPUBLIQUE TUNISIENNE

Ministère de l'Enseignement Supérieur, de  
la Recherche Scientifique et de la  
Technologie

Concours nationaux d'entrée aux cycles  
de formation d'ingénieurs  
Session 2008



الجمهورية التونسية

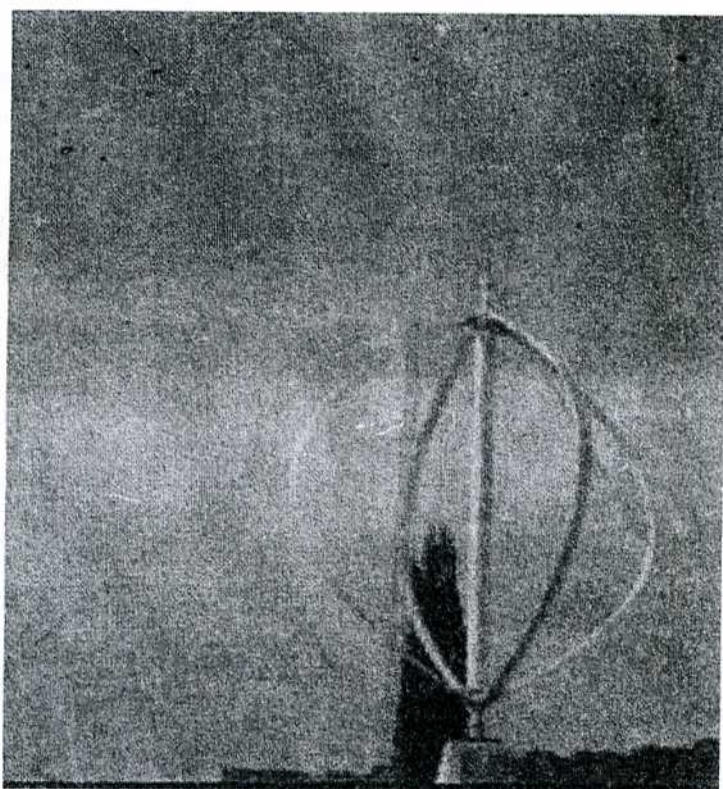
وزارة التعليم العالي  
والبحوث العلمية والتكنولوجيا

المناظرات الوطنية للدخول  
إلى مراحل تكوين المهندسين  
لدورة 2008

## Concours Mathématiques-Physique et Physique-Chimie



### Epreuve de Sciences et Techniques de l'Ingénieur



CONCOURS NATIONAL 2008

CONCOURS NATIONAL 2008

Session : Juin 2008





**Concours Mathématiques et Physique et Physique et Chimie  
Epreuve de Sciences et Techniques de l'Ingénieur**

Date : Vendredi 6 Juin 2008    Heure : 8 H    Durée : 3 H    Nbre pages : 14

Barème :    Partie A : Mécanique (11 pts)    Partie B : Automatique (5 pts)    Partie C : Conception (4 pts)

**Remarques :**

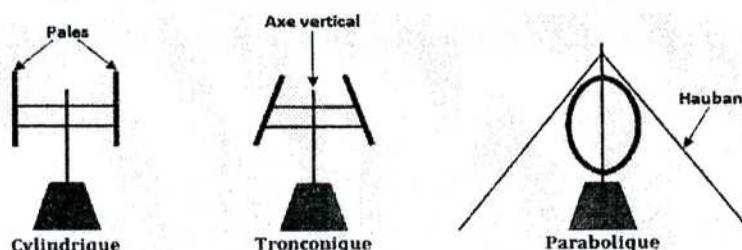
- 1/ Les parties A, B et C sont indépendantes et doivent être traitées sur le dossier document réponse.
- 2/ L'usage d'une calculatrice programmable est interdit.
- 3/ Il est demandé aux étudiants de mentionner les principaux passages de leurs raisonnements et les résultats obtenus dans les espaces qui leur sont réservés dans le Documents Réponse.
- 4/ Un seul dossier document réponse est fourni au candidat et doit être rendu en totalité, même sans réponses, à la fin de l'épreuve. Le renouvellement de ce dossier est interdit

**STATION EOLIENNE DE POMPAGE D'EAU SOUTERRAINE**

**1- Présentation**

On estime que chaque année, le vent distribue entre 2,5 et  $5 \cdot 10^{15}$  kWh ; une énergie très importante mais difficilement récupérable. C'est ce potentiel énorme que représente l'énergie éolienne et le manque de ressources superficielles en eau qui ont poussé les hommes à trouver un moyen toujours plus perfectionné pour transformer cette énergie en énergie électrique ou mécanique afin de pomper les eaux souterraines. Généralement, les éoliennes sont couplées à des pompes à eau utilisées pour irriguer des zones sèches, assécher des zones humides, ou abreuver le bétail.

Suivant la direction de leur axe, les éoliennes se scindent en deux types. Les éoliennes à axe horizontal dont le rotor ressemble à une hélice d'avion, et les éoliennes à un axe vertical. Le principal avantage d'une éolienne à axe vertical est qu'elle fonctionne quelle que soit la direction du vent, permettant ainsi de s'affranchir d'un dispositif d'orientation de la machine. L'une des éoliennes à axe vertical les plus connues est le rotor Darrieus. Inventée par l'académicien français Darrieus au cours des années 1920-1935, elle repose sur l'effet de portance subi par un profil soumis à l'action d'un vent relatif ; effet qui s'exerce sur l'aile d'un avion. De tels rotors peuvent être de forme cylindrique, tronconique, parabolique... (Figure 1).



**Figure-1 : Différentes formes du rotor de type Darrieus**

## 2- Description fonctionnelle du dispositif d'étude

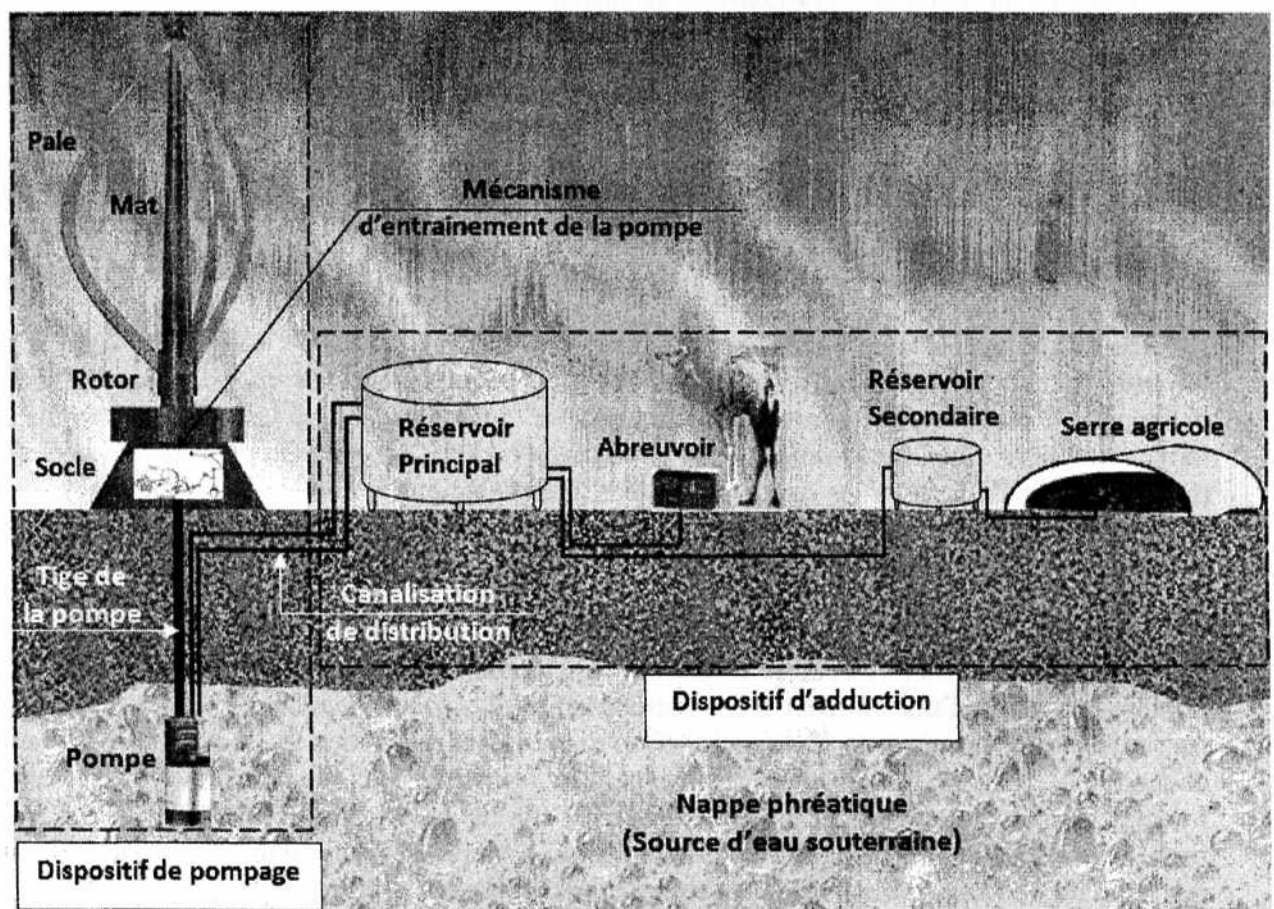
A cause d'une pluviométrie capricieuse et d'un réchauffement climatique planétaire désastreux, les réserves en eau superficielle se raréfient d'année en année. Pour contribuer à la sauvegarde de cette précieuse ressource naturelle, on choisit une région plane et assez venteuse pour y installer un système d'extraction, à l'énergie éolienne, des eaux profondes. Cette eau servira pour l'abreuvement des animaux d'élevage et l'irrigation des terres agricoles. L'installation (**figure-2**) est constituée de deux dispositifs principaux :

### ✓ Un dispositif de pompage composé :

- D'une éolienne de type Darrieus assez silencieuse pour préserver la tranquillité des animaux aux alentours ;
- D'une pompe.

### ✓ Un dispositif d'adduction de l'eau pompée composé :

- D'une canalisation enterrée pour garder l'eau à une température fraîche ;
- D'un réservoir permettant d'approvisionner les abreuvoirs et les systèmes d'irrigation.



*Figure-2 : Dispositif éolien d'abreuvement d'animaux d'élevage et d'irrigation des terres*

Dans ce travail, on se limite à l'étude du dispositif de pompage. La figure-3 représente le schéma cinématique spatial de ce dispositif.

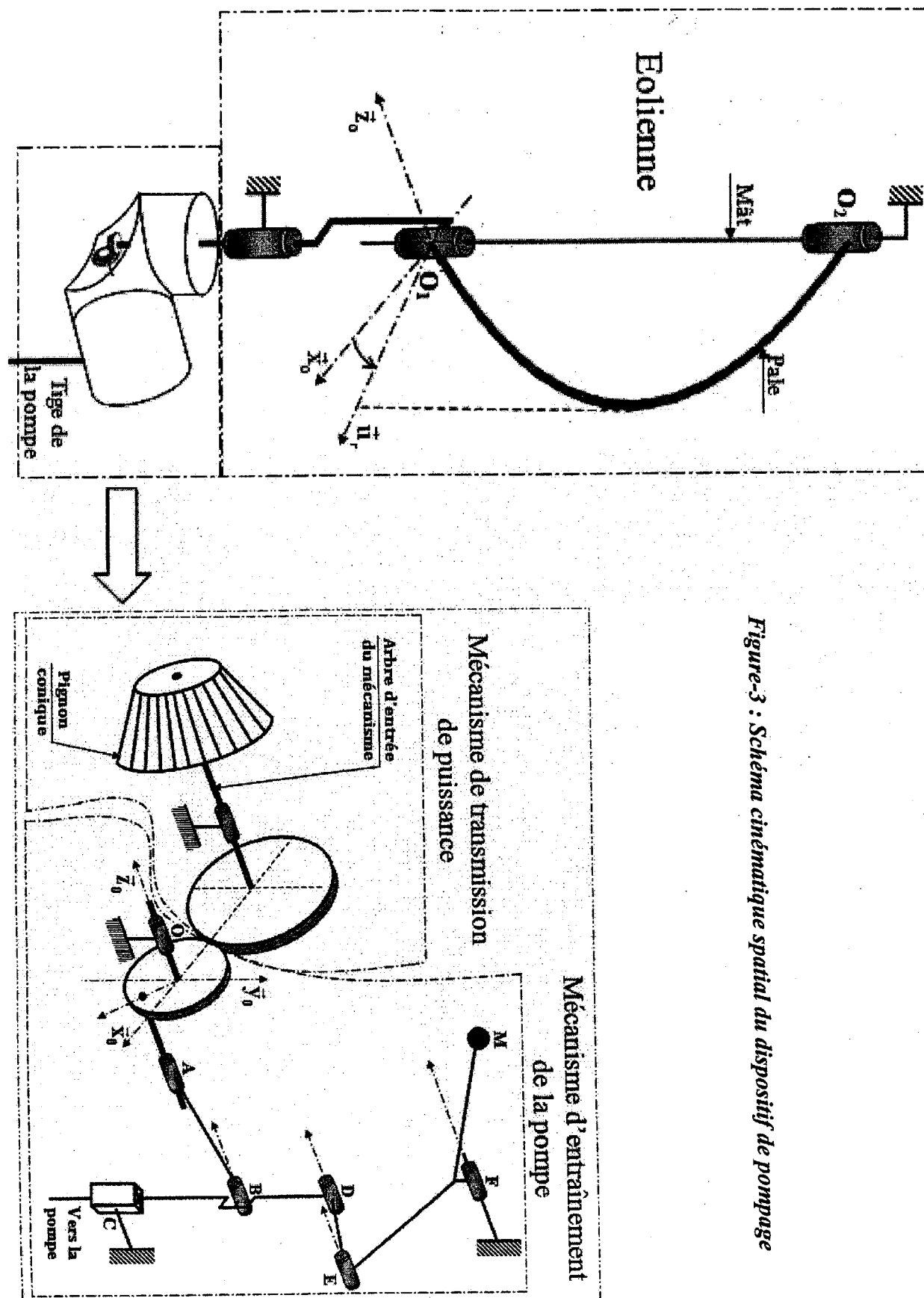


Figure-3 : Schéma cinématique spatial du dispositif de pompage

## PARTIE A : MECANIQUE GENERALE

L'étude portera sur le dispositif de pompage décrit précédemment par les figures 2 et 3. Cette étude est scindée en deux parties.

### **PREMIERE PARTIE : ETUDE DU MECANISME D'ENTRAINEMENT DE LA POMPE**

La figure-A1 représente le schéma cinématique du mécanisme d'entraînement de la pompe constitué principalement des éléments suivants :

- Le bâti [0] est lié au repère  $\mathcal{R}_0(O, \bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$  supposé galiléen.
- L'excentrique [1], lié au repère  $\mathcal{R}_1(O, \bar{x}_1, \bar{y}_1, \bar{z}_0)$ , est en liaison pivot d'axe  $(O, \bar{z}_0)$  avec le bâti [0]. Son mouvement est paramétré par l'angle  $\alpha = (\bar{x}_0, \bar{x}_1) = (\bar{y}_0, \bar{y}_1)$  (figure-A2.a).
- La bielle [2], liée au repère  $\mathcal{R}_2(A, \bar{x}_2, \bar{y}_2, \bar{z}_0)$ , est en liaison pivot d'axe  $(A, \bar{z}_0)$  avec l'excentrique [1]. Son mouvement est paramétré par l'angle  $\beta = (\bar{x}_0, \bar{x}_2) = (\bar{y}_0, \bar{y}_2)$  (figure-A2.b).
- Le piston [3], lié au repère  $\mathcal{R}_3(D, \bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$ , est en liaison pivot d'axe  $(B, \bar{z}_0)$  avec la bielle [2]. Il est également en liaison glissière d'axe  $(C, \bar{y}_0)$  avec le bâti [0].
- La bielle [4], liée au repère  $\mathcal{R}_4(D, \bar{x}_4, \bar{y}_4, \bar{z}_0)$ , est en liaison pivot d'axe  $(D, \bar{z}_0)$  avec le piston [3]. Son mouvement est paramétré par l'angle  $\theta = (\bar{x}_0, \bar{x}_4) = (\bar{y}_0, \bar{y}_4)$  (figure-A2.c).
- Le balancier [5], lié au repère  $\mathcal{R}_5(F, \bar{x}_5, \bar{y}_5, \bar{z}_0)$ , est en liaison pivot d'axe  $(E, \bar{z}_0)$  avec la bielle [4]. Il est également en liaison pivot d'axe  $(F, \bar{z}_0)$  avec le bâti [0]. Son mouvement est paramétré par l'angle  $\varphi = (\bar{x}_0, \bar{x}_5) = (\bar{y}_0, \bar{y}_5)$  (figure-A2.d).

Le balancier [5] est composé de deux tiges ((EF) et (FM)) soudées au point F et formant entre-elles un angle constant  $\pi - \psi$ . A l'extrémité M est accrochée une masselotte. Pour simplifier le paramétrage et par conséquent les calculs, on introduit une base intermédiaire. Cette base orthonormée directe  $\mathcal{B}_{s1}(\bar{u}, \bar{v}, \bar{z}_0)$  est tel que :  $\psi = (\bar{x}_5, \bar{u}) = (\bar{y}_5, \bar{v}) = \text{Cte}$  (figure-A2.e).

Les positions des différents points sont définies par les vecteurs suivants :

$$\begin{array}{lllll} \overline{OC} = a_0 \bar{x}_0 & \overline{CF} = b_0 \bar{y}_0 & \overline{OA} = a_1 \bar{x}_1 & \overline{AB} = a_2 \bar{x}_2 & \overline{BD} = b_1 \bar{y}_0 \\ \overline{DE} = a_4 \bar{x}_4 & \overline{FE} = a_5 \bar{x}_5 & \overline{MF} = d \bar{u} & \overline{CD} = \lambda \bar{y}_0 & \end{array}$$

Où : •  $\alpha, \beta, \theta$  et  $\varphi$  sont les paramètres angulaires du mécanisme.

•  $\lambda$  est un paramètre de translation.

•  $a_0, a_1, a_2, a_4, a_5, b_0, b_1$  et  $d$  sont des constantes géométriques du mécanisme.



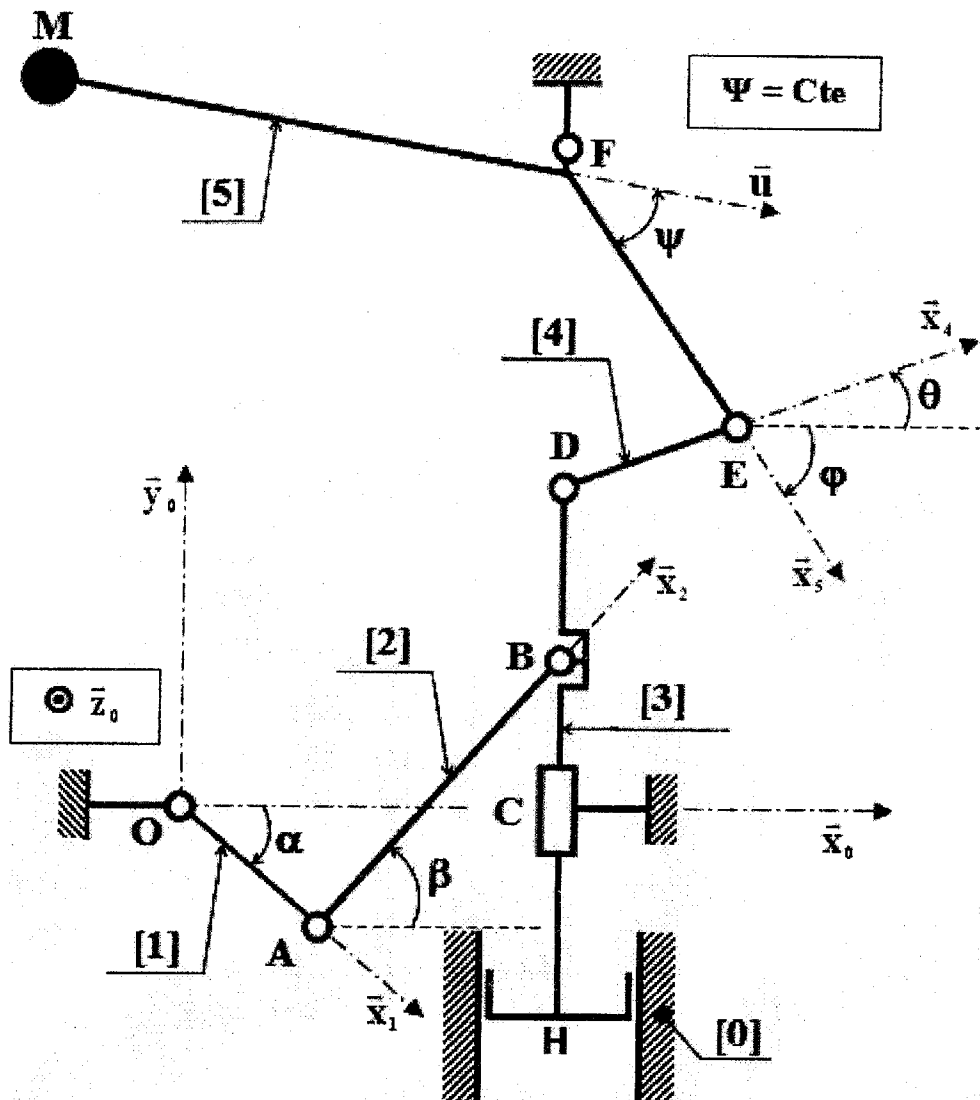


Figure-A.1 : Schéma cinématique du mécanisme d'entraînement de la pompe

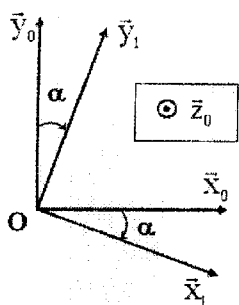


Figure-A2.a : Mouvement de [1] par rapport à [0]

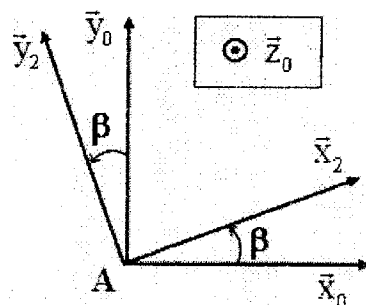


Figure-A2.b : Mouvement de [2] par rapport à [0]

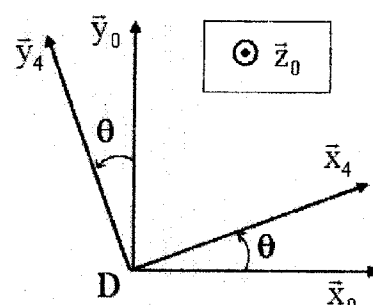


Figure-A2.c : Mouvement de [4] par rapport à [0]

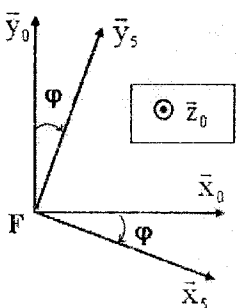


Figure-A2.d : Mouvement de [5] par rapport à [0]

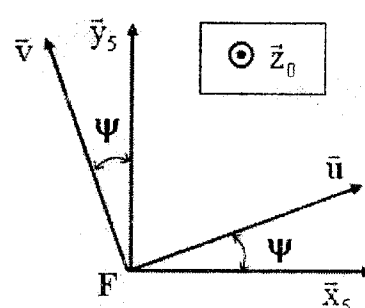


Figure-A2.e : Position de la base intermédiaire  $B_{S1}$  par rapport à la base  $B_5$

## A-1. ETUDE CINEMATIQUE

- A-1-1.** Tracer le graphe des liaisons et identifier les liaisons entre les différents solides.
- A-1-2.** Déterminer les matrices de passage :  $[P]_0^1$ ,  $[P]_0^2$ ,  $[P]_0^4$  et  $[P]_0^5$ .
- A-1-3.** Ecrire, dans la base  $\mathbf{B}_0(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ , le système d'équations correspondant à la fermeture de la chaîne cinématique (**OABC**) constituée par les solides (**[0]-[1]-[2]-[3]**).
- A-1-4.** Ecrire, dans la base  $\mathbf{B}_0(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ , le système d'équations correspondant à la fermeture de la chaîne cinématique (**CDEF**) constituée par les solides (**[0]-[3]-[4]-[5]**).
- A-1-5.** Déterminer le torseur cinématique, au point O dans la base  $\mathbf{B}_1(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$ , de l'excentrique **[1]** dans son mouvement par rapport au bâti **[0]** :  $\left\{ \mathbf{V}_{(1/0)} \right\}_O$ .
- A-1-6.** Déterminer le torseur cinématique, au point A dans la base  $\mathbf{B}_1(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$ , de la bielle **[2]** dans son mouvement par rapport au bâti **[0]** :  $\left\{ \mathbf{V}_{(2/0)} \right\}_A$ .
- A-1-7.** Déterminer, en fonction de  $\lambda$ , le torseur cinématique, au point D dans la base  $\mathbf{B}_0(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ , du piston **[3]** dans son mouvement par rapport au bâti **[0]** :  $\left\{ \mathbf{V}_{(3/0)} \right\}_D$ .
- A-1-8.** Ecrire la condition cinématique au niveau de la liaison pivot, au point B, entre la bielle **[2]** et le piston **[3]**. En déduire le système d'équations, projetées sur la base  $\mathbf{B}_0(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ , qui en découle.
- A-1-9.** Déterminer le torseur cinématique, au point D dans la base  $\mathbf{B}_0(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ , de la biellette **[4]** dans son mouvement par rapport au bâti **[0]** :  $\left\{ \mathbf{V}_{(4/0)} \right\}_D$ .
- A-1-10.** Déterminer le torseur cinématique, au point F dans la base  $\mathbf{B}_0(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ , du balancier **[5]** dans son mouvement par rapport au bâti **[0]** :  $\left\{ \mathbf{V}_{(5/0)} \right\}_F$ . En déduire le vecteur vitesse  $\vec{V}(M \in 5/0)$ .
- A-1-11.** Ecrire la condition cinématique au niveau de la liaison pivot, au point E, entre la biellette **[4]** et le balancier **[5]**. En déduire le système d'équations, projetées sur la base  $\mathbf{B}_0(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ , qui en découle.

## A-2- ETUDE CINETIQUE

Les différents solides admettent les caractéristiques inertielles suivantes :

- L'excentrique **[1]** est de centre d'inertie O et de moment d'inertie **J** par rapport à l'axe  $(O, \vec{z}_0)$  :  $J = I_{(O, \vec{z}_0)}(1)$  ;
- Le piston **[3]**, dont le centre d'inertie **G<sub>3</sub>** est situé sur l'axe  $(H, \vec{y}_0)$ , est un solide de masse **m** ;
- La masse totale **M** du balancier **[5]** est concentrée au point M ;
- La bielle **[2]** et la biellette **[4]** sont de masses négligeables.

- A-2-1.** Déterminer le torseur cinétique, au point O dans la base  $\mathbf{B}_0(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ , de l'excentrique **[1]** dans son mouvement par rapport au bâti **[0]** :  $\left\{ \mathbf{C}_{(1/0)} \right\}_O$ .

- A-2-2.** Déterminer le torseur cinétique, au point D dans la base  $\mathbf{B}_0(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ , du piston [3] dans son mouvement par rapport au bâti [0] :  $\{\mathbf{C}_{(3/0)}\}_D$ .
- A-2-3.** Déterminer le torseur cinétique, au point F dans la base  $\mathbf{B}_{S1}(\vec{u}, \vec{v}, \vec{z}_0)$ , du balancier [5] dans son mouvement par rapport au bâti [0] :  $\{\mathbf{C}_{(5/0)}\}_F$ .
- A-2-4.** Déterminer l'énergie cinétique du système  $\{S\} = \{1, 2, 3, 4, 5\}$  dans son mouvement par rapport au bâti [0] :  $E_c(S/0)$ .

### A-3- ETUDE ENERGETIQUE

Dans cette partie, on suppose que :

- L'accélération de la pesanteur est :  $\vec{g} = -g \vec{y}_0$  ;
- L'action motrice du rotor sur l'excentrique [1] est représentée par le couple :  $\vec{C}_m = -C_m \vec{z}_0$  ;
- L'action de l'eau sur le piston [3] est représentée, au point H, par la force :  $\vec{F} = F_0 \vec{y}_0$  ;
- L'action de la pesanteur sur l'excentrique [1] sera négligée ;
- Toutes les liaisons sont parfaites ;
- Pour exprimer le torseur des actions mécaniques transmissibles associé à une liaison  $L_{ij}$  de centre Q entre deux solides [i] et [j] ( $i < j$ ), on utilisera la notation suivante :

$$\{\mathbf{T}(i \rightarrow j)\}_Q = \begin{Bmatrix} X_{ij} & L_{ij} \\ Y_{ij} & M_{ij} \\ Z_{ij} & N_{ij} \end{Bmatrix}_Q \mathbf{B}_0$$

- S'agissant d'un mécanisme plan situé dans le plan de symétrie  $(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0)$ , on précisera alors, à chaque fois que c'est nécessaire, les composantes nulles du torseur  $\{\mathbf{T}(i \rightarrow j)\}_Q$ .

- A-3-1.** Isoler le système  $\{S\} = \{1, 2, 3, 4, 5\}$  et faire le bilan des actions mécaniques extérieures exercées sur ce système.
- A-3-2.** Ecrire, en leurs points d'application, dans la base  $\mathbf{B}_0(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ , les torseurs des actions mécaniques extérieures exercées sur le système  $\{S\}$ .
- A-3-3.** Déterminer la puissance développée par les actions mécaniques extérieures exercées sur le système  $\{S\}$  dans son mouvement par rapport au bâti [0].
- A-3-4.** Ecrire la relation qui découle de l'application du théorème de l'énergie cinétique au système  $\{S\}$  dans son mouvement par rapport au bâti [0].

### DEUXIEME PARTIE : ETUDE DES ACTIONS MECANQUES TRANSMISSIBLES SUR LE MAT

Le mât d'une éolienne de type Darrieus est généralement haubané (c'est-à-dire maintenu au sol par des câbles appelés haubans) (**figure-1**). Il doit être correctement calculé de façon à résister aux efforts transmis par les pales. Ces efforts sont dus, d'une part, au vent et d'autre part à la rotation des pales (forces centrifuges).

Afin de préparer au calcul de la résistance mécanique du mât, on se propose de déterminer les composantes inconnues des torseurs statiques équivalents au niveau des liaisons entre les pales et le mât : à la base, au point  $O_1$ , et au sommet, au point  $O_2$  (**figure-A3**). Le calcul, qui devrait être effectué pour l'ensemble des pales, sera limité à l'une d'entre elles.



A un instant donné, la pale, liée au repère  $(O_0, \vec{u}_r, \vec{v}_r, \vec{y}_0)$  et de forme parabolique, est modélisée dans le plan mobile  $(O_0, \vec{u}_r, \vec{y}_0)$  par l'arche de la cycloïde paramétrée par :

$$\begin{cases} \mathbf{r}(\zeta) = a(1 - \cos \zeta) \\ \mathbf{y}(\zeta) = a(\zeta - \sin \zeta) \\ \zeta \in [0, 2\pi]; \quad a > 0 \end{cases}$$

Elle est en liaison rotule de centre  $O_2$  et linéaire annulaire d'axe  $(O_1, \vec{y}_0)$  avec le mât (**figure-A3**).

A une altitude  $y$  donnée, l'action du vent sur une pale produit une force résultante  $\vec{F}_v$  qui se décompose en :

- Une poussée tangentielle en direction de la rotation  $\vec{F}_{vt}$  qui crée le couple moteur. Dans cette partie, on négligera son effet sur le mât.
- Une poussée normale  $\vec{F}_{vn}$  qui, même si elle varie fortement en fonction de l'altitude, sera supposée constante.

A la force  $\vec{F}_{vn}$  s'additionne une force centrifuge  $\vec{F}_c$  qui varie en fonction de la densité et de la géométrie de la pale et de la vitesse de rotation de celle-ci. C'est la somme de ces deux forces qu'on appellera charge sur la pale, notée par :  $\vec{S} = \vec{R}(\text{charge} \rightarrow \text{pale}) = \vec{F}_{vn} + \vec{F}_c$ . Cette action est directement compensée par la résistance mécanique du mât.

Dans cette étude, on suppose que l'action mécanique  $\vec{S}$  est caractérisée, en un point quelconque  $P$  de la pale, par une densité linéique de force (**figure-A3**) définie par :

$$\vec{f}_p(\text{charge} \rightarrow \text{pale}) = \gamma(\mathbf{r} - a) \vec{u}_r$$

Où :  $\gamma$  est une constante positive  
On posera :  $R = 2a$

**A-4-1.** Ecrire les torseurs des actions mécaniques transmissibles :  $\{\mathcal{T}_1(\text{mât} \rightarrow \text{pale})\}_{O_1}$  au point  $O_1$  et  $\{\mathcal{T}_2(\text{mât} \rightarrow \text{pale})\}_{O_2}$  au point  $O_2$ , au niveau des liaisons entre la pale et le mât. En déduire le torseur, au point  $O_1$ , des actions mécaniques transmissibles du mât sur la pale :  $\{\mathcal{T}(\text{mât} \rightarrow \text{pale})\}_{O_1}$ .

**A-4-2.** Déterminer la résultante  $\vec{S}$  de la charge sur la pale en fonction de  $\gamma$  et  $R$ .

**A-4-3.** Déterminer, en fonction de  $\gamma$  et  $R$ , le torseur, au point  $O_1$ , de l'action mécanique de la charge qui s'exerce sur la pale :  $\{\mathcal{T}(\text{charge} \rightarrow \text{pale})\}_{O_1}$ .

**A-4-4.** Par application du principe fondamental de la statique à la pale, au point  $O_1$ , déterminer, en fonction de  $\gamma$  et  $R$ , les inconnues des torseurs statiques équivalents au niveau des liaisons.

$$\text{Intégrales utiles : } \int_0^{2\pi} \cos t \sin \frac{t}{2} dt = \frac{-4}{3} \text{ et } \int_0^{2\pi} \cos t (t - \sin t) \sin \frac{t}{2} dt = \frac{-4\pi}{3}$$

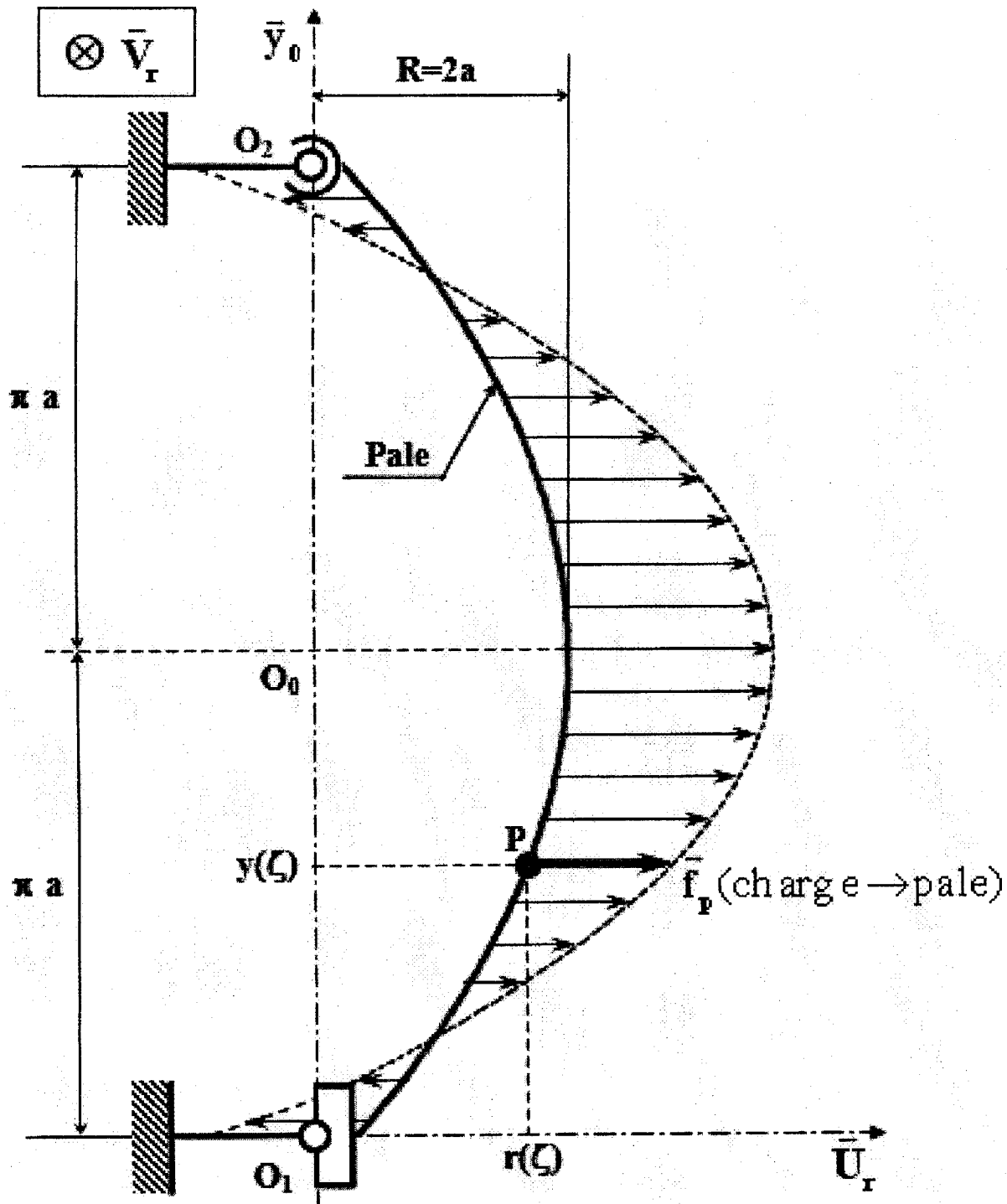


Figure-A3 : Répartition de l'action mécanique de la charge  $\bar{S}$  sur la pale de l'éolienne

## PARTIE B : AUTOMATIQUE

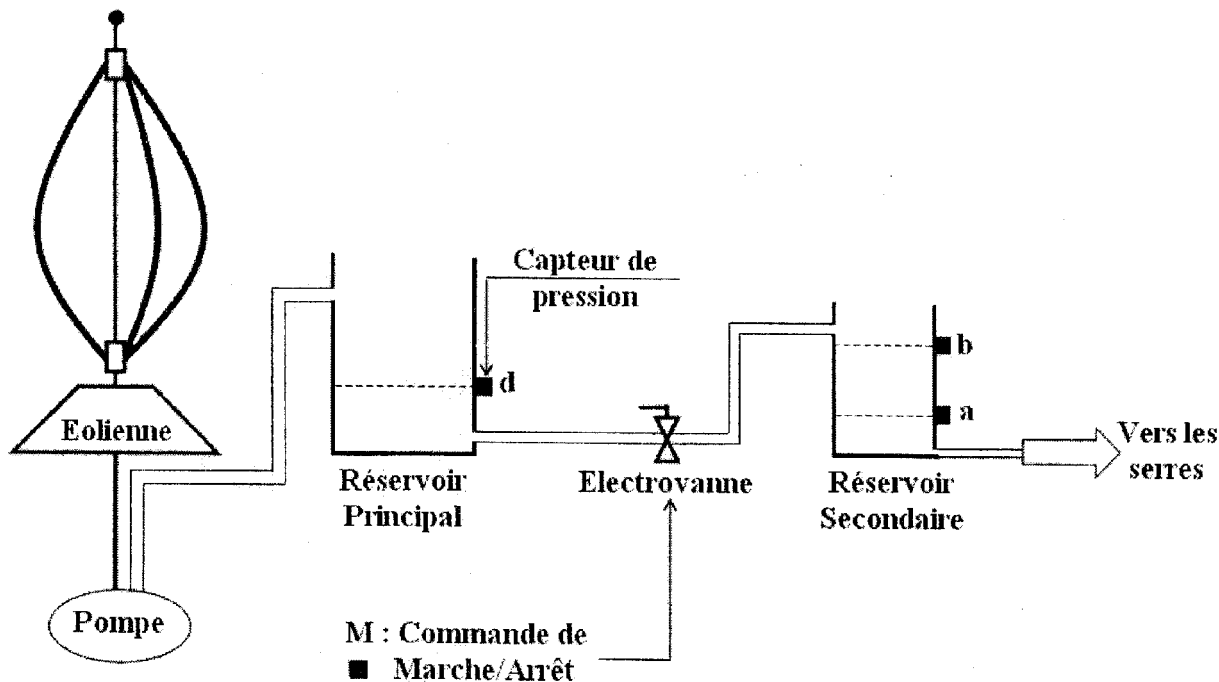
*N.B. : Les parties B-1 et B-2 sont indépendantes. Les réponses doivent être rédigées sur les documents réponses.*

### Description du système :

Il s'agit, dans cette partie, d'étudier la commande de l'arrosage automatique de pots de fleurs contenus dans une serre, assuré par le déplacement d'un bras porte-gicleurs au dessus des pots à arroser. Un réservoir secondaire d'eau, dont le remplissage est effectué par une électrovanne, alimente le système d'arrosage. La première partie concerne l'étude des conditions de remplissage du réservoir secondaire, tandis que la deuxième partie sera consacrée à la commande de la vitesse de déplacement du bras porte-gicleurs en fonction de la quantité d'eau nécessaire à l'arrosage.

### Partie B-1 : Automatisation du système de remplissage du réservoir

Pour que le système d'arrosage de la serre fonctionne normalement, le réservoir secondaire d'eau doit être rempli jusqu'à une certaine hauteur, indiquée par un capteur de niveau **a** ( $a = 1$  si niveau atteint, 0 sinon), tout en ne dépassant pas le niveau de remplissage maximum du réservoir secondaire, indiqué par le capteur de niveau ( $b = 1$  si niveau atteint, 0 sinon).



**Figure B-1 : Représentation du système de remplissage du réservoir d'eau.**

Lorsque le niveau d'eau descend en dessous du niveau **a**, l'électrovanne est actionnée afin de remplir le réservoir secondaire. Une fois le niveau **b** atteint, l'électrovanne est arrêtée.

La mise en marche de l'électrovanne ne peut être assurée que si le niveau d'eau dans le réservoir principal (**figure-B1**) est supérieur à un niveau minimum. Lorsque ce niveau est atteint, un capteur de pression  $d$  passe à 1, sinon il reste à 0.

**B-1-1. Déterminer** l'équation logique de la commande  $M$  de marche arrêt de l'électrovanne ( $M = 0$  si l'électrovanne doit être arrêtée,  $M = 1$  si elle doit être mise en marche).

**B-1-2. Donner** le logigramme correspondant à cette équation logique.

## Partie B-2 : Etude de la commande de la vitesse de déplacement du bras porte-gicleurs

La quantité d'eau nécessaire aux plantes est déterminée en fonction du taux d'humidité  $s(t)$  du sol de la serre, variant entre 0 pour un sol sec et 1 pour un sol saturé d'eau ( $s(t)$  est une grandeur sans dimension). Ainsi, lorsque le taux d'humidité est faible, les plantes nécessitent une quantité d'eau plus importante. Dans ce cas, la vitesse de déplacement  $v(t)$  du bras porte-gicleurs doit être réduite afin d'augmenter le temps d'arrosage des plantes. Dans le cas contraire, la vitesse de déplacement doit être plus élevée pour que l'arrosage dure moins de temps, réduisant ainsi la quantité d'eau fournie aux plantes.

Le bras porte-gicleurs est entraîné en translation par un moteur à courant continu muni d'un dispositif de transformation de mouvement tel que la vitesse de déplacement linéaire  $v(t)$  soit liée à la vitesse de rotation  $\Omega(t)$  de l'arbre du moteur par la relation suivante :

$$v(t) = K_I \Omega(t)$$

Le moteur est commandé par une tension continue  $u(t)$  liée à la vitesse de rotation du moteur par l'équation différentielle suivante :

$$\tau_m \frac{d\Omega}{dt} + \Omega(t) = K_m u(t)$$

où  $\tau_m = 0.1s$  et  $K_m = 10 \text{ rad/s/V}$  sont respectivement la constante de temps mécanique et le gain statique du moteur.

D'autre part, la vitesse de déplacement  $v(t)$  du bras porte-gicleurs et le taux d'humidité du sol  $s(t)$  sont liés par la loi suivante :

$$\frac{ds}{dt} = -\frac{v(t)}{K_2}$$

où  $K_2 = 10^{-3} \text{ m/s/s}$  désigne une constante caractéristique de la serre.

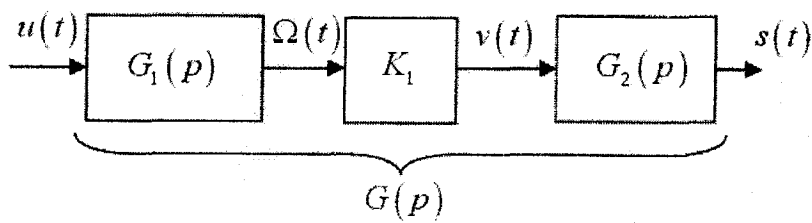
Le taux d'humidité  $s(t)$  est mesuré par un capteur délivrant une tension  $w(t)$  telle que :

$$w(t) = K_3 s(t)$$

avec  $K_3 = 10 \text{ V}$ .

Ainsi, le système d'arrosage de la serre peut être représenté par le schéma-blocs de la figure B-2.





**Figure B-2 : Schéma-blocs du système d'arrosage**

Les transformées de Laplace utiles sont données dans le tableau B-1.

| $F(p)$  | $f(t)$ pour $t > 0$  |
|---|--|
| $\frac{1}{p}$                                 | 1  |
| $\frac{1}{p+a}$                               | $e^{-at}$  |
| $\frac{1}{p^2 + 2\xi\omega_n p + \omega_n^2}$ | $\frac{1}{\omega_p} e^{-\xi\omega_n t} \sin(\omega_p t)$<br>$\omega_p = \omega_n \sqrt{1 - \xi^2}$ |

**Tableau B-1 : Transformées de Laplace utiles**

**B-2-1.** On considère dans cette partie le système en boucle ouverte.

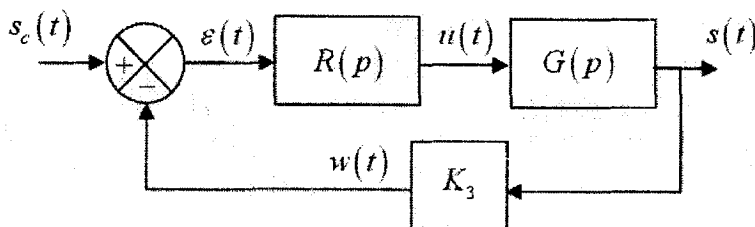
**B-2-1-1.** Sachant que, pour une vitesse de rotation  $\Omega(t) = 100 \text{ rad/s}$ , la vitesse de déplacement en translation du bras porte-gicleurs est  $v(t) = 0.01 \text{ m/s}$ , **déterminer** la valeur du coefficient  $K_1$  (en **m/rad**).

**B-2-1-2.** **Déterminer** les fonctions de transfert  $G_1(p)$  et  $G_2(p)$ . **En déduire** la fonction de transfert en boucle ouverte  $G(p) = S(p)/U(p)$  du système.

**B-2-1-3.** **Calculer** et **tracer** la réponse impulsionnelle  $s(t)$  du système de fonction de transfert  $G(p)$ .

**B-2-1-4.** **Tracer** les lieux asymptotiques de Bode de  $G(p)$ .

**B-2-2.** On désire à présent asservir le taux d'humidité  $s(t)$  du sol à une valeur de consigne  $s_c(t)$ , représentant une tension image du taux d'humidité désiré. Pour cela, on réalise le schéma de la figure B-3, où  $R(p)$  désigne un régulateur.



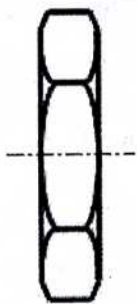
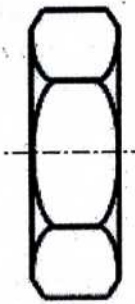
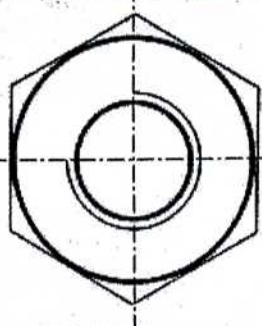


**Figure B-3**

- B-2-2-1.** Dans le cas d'un régulateur proportionnel  $R(p) = K_p$ , **déterminer** la fonction de transfert en boucle fermée  $F(p) = S(p)/S_c(p)$  du système.
- B-2-2-2.** **Déterminer** l'erreur statique du système asservi pour une entrée échelon de position unitaire.
- B-2-2-3.** **Etudier**, en fonction de  $K_p$ , la stabilité du système en boucle fermée.
- B-2-2-4.** Pour  $K_p = -1$ , **calculer** et **tracer** la réponse indicielle unitaire du système en boucle fermée.
- B-2-2-5.** **Calculer** la valeur de  $K_p$  permettant d'obtenir une marge de phase de  $45^\circ$ .

## C-1- Etude de conception : Montage de la liaison encastrement

On envisage, dans cette partie, d'assurer le montage des éléments permettant la liaison encastrement entre le pignon conique et l'arbre d'entrée du mécanisme de transmission de puissance (**figure-3**). Pour cela, on dispose des éléments normalisés représentés à l'échelle 1:2 :

|  |   |   |   |  |
|--|---|---|---|--|
|  |  |  |  |  |
| Rondelle plate   | Clavette parallèle<br>10*8*26   | Contre écrou M32  | Ecrou M32   |  |

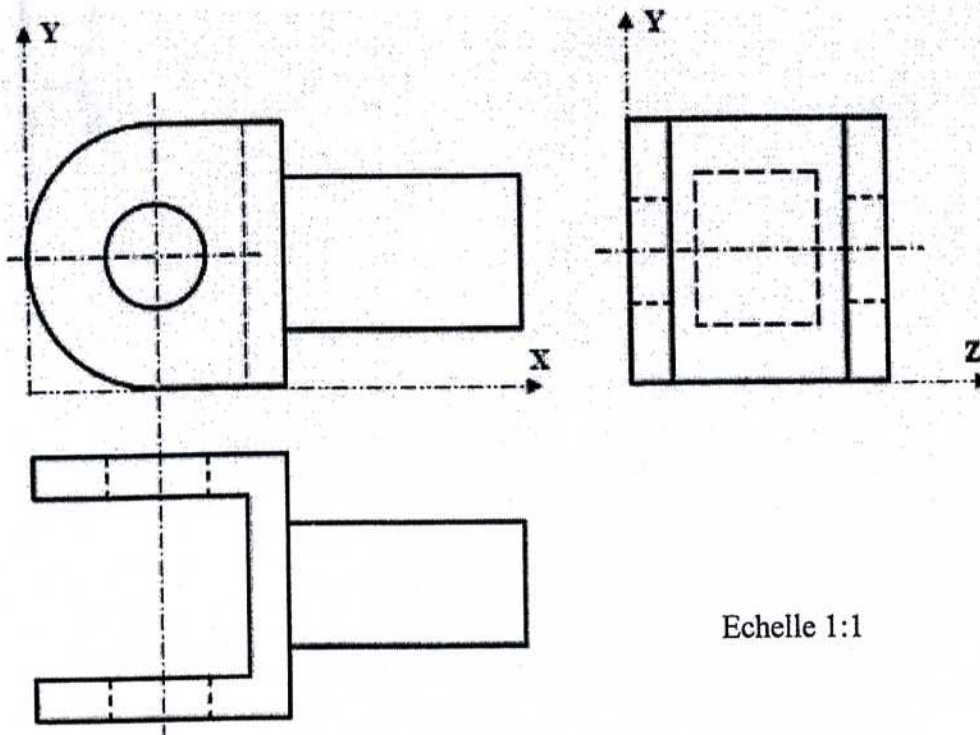
**C-1-1.** Compléter le dessin de la liaison encastrement du pignon conique avec l'arbre d'entrée à l'échelle du dessin.

**C-1-2.** Donner la désignation normalisée de l'écrou utilisé dans le montage de la liaison.

## C-2- Etude graphique : Perspective cavalière

La bielle [2] est articulée au piston [3] par l'intermédiaire de la chape définie par la vue de face, la vue de dessus et la vue de gauche. On demande de représenter la vue en perspective cavalière de cette pièce à l'échelle 1:2. Toutes les cotes utiles à la représentation seront prises directement sur le dessin ci-dessous qui est représenté à l'échelle 1:2.

On donne  $k = 0,5$   
 $\alpha = 30^\circ$  (déjà esquissé)



Echelle 1:1