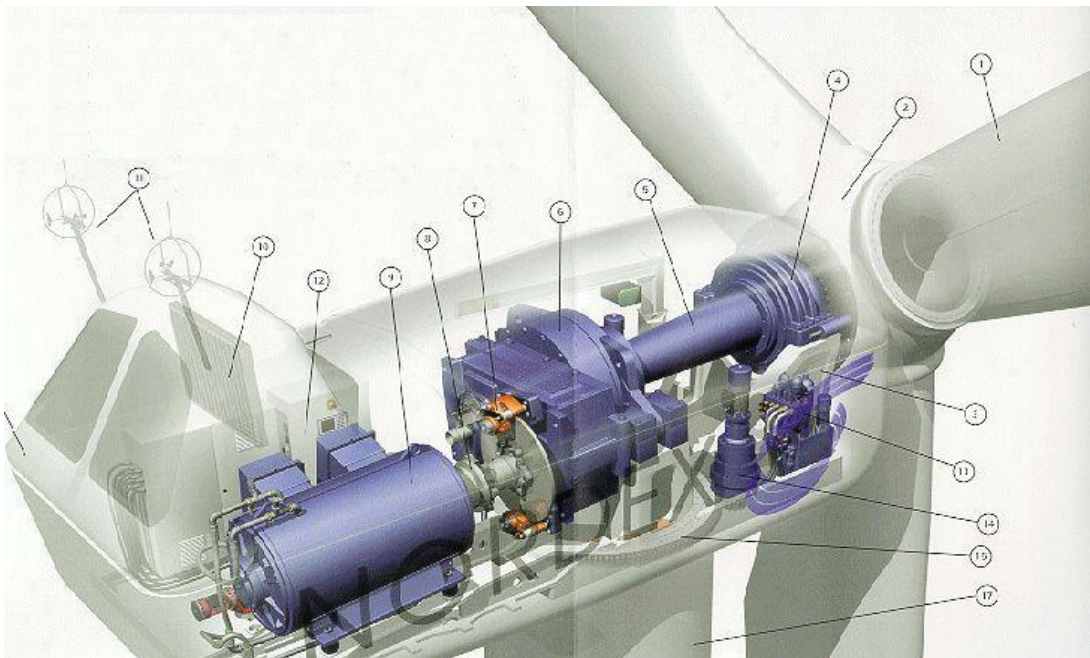


## TD 5 Eolienne

### I) Présentation du système

Cette étude concerne l'asservissement de position pour l'orientation de l'éolienne face au vent. Le moteur hydraulique, lié à la nacelle (figure ci-dessous), permet, quand la machine est à l'arrêt, de la positionner face au vent grâce à l'information donnée par la girouette. À cette fin, un pignon solidaire du moteur vient engrener sur une couronne liée au mât. Une fois l'éolienne correctement placée, le moteur est arrêté. Le circuit hydraulique reste ouvert et permet d'amortir les faibles changements de direction du vent. Si la nacelle n'est pas alignée face au vent pendant plus de 5 secondes, le moteur hydraulique entre en action pour réaligner la nacelle dans la direction de la girouette. On désire donc asservir la position angulaire  $\theta$  de la nacelle à la position angulaire  $\alpha$  de la girouette.



*Système d'orientation d'une éolienne*

#### Nomenclature :

- |                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| 1 : pales                    | 2 : moyeu                      |
| 3 : nacelle                  | 4 : paliers de guidage         |
| 5 : arbre lent               | 6 : multiplicateur             |
| 7 : frein à disque d'urgence | 8 : arbre rapide               |
| 9 : génératrice              | 10 : grille de refroidissement |
| 11 : girouette               | 12 : module d'asservissement   |
| 14 : moteur hydraulique      | 15 : couronne                  |
| 16 : mât                     |                                |

## II) Structure du système

Les différents éléments constitutifs du système sont donc :

- **un potentiomètre linéaire circulaire** de gain  $K_c$  ( $K_c = 15V/180^\circ$ ), qui convertit la position angulaire  $\alpha$  de la girouette en une tension  $V_c$ , proportionnelle à  $\alpha$  ;
- **un capteur de position** dont le gain est également  $K_c$  ( $K_c = 15V/180^\circ$ ), qui convertit la position angulaire  $\theta$  de la nacelle en une tension  $V$ , proportionnelle à  $\theta$  ;
- **un soustracteur idéal** qui élabore le signal  $\varepsilon_v$  représentant l'écart de tension entre la consigne  $V_c$  et la tension  $V$  : ( $\varepsilon_v = V_c - V$ ) ;
- **un correcteur** (noté  $C(p)$  dans le domaine de Laplace) qui convertit le signal  $\varepsilon_v$  en une tension  $U$  ;
- **un amplificateur** de gain  $K_A$  ( $K_A = 0,2 mA/V$ ) qui permet, à partir de la tension  $U$ , d'alimenter à l'aide d'un courant  $I$  la servo-valve ;
- **une servo-valve**, de gain  $K_{SV}$  ( $K_{SV} = 40 m^3/s/mA$ ) qui permet d'alimenter le moteur hydraulique avec un débit  $Q$  d'huile ;
- **un moteur hydraulique** dont la fonction est d'orienter la nacelle, alimenté par le débit d'huile  $Q$  et orientant la nacelle vers un angle  $\theta$ . La position de la nacelle  $\theta$  se déduit du débit  $Q$  dans le domaine de Laplace grâce à la fonction de transfert :

$$H_m(p) = \frac{1}{Q_0 p(1 + \tau p)}, \quad \text{avec } Q_0 = 8 \cdot 10^{-4} m^{-3}/s \text{ et } \tau = 1 s.$$

**OBJECTIF :** L'objectif est de déterminer un correcteur simple (modélisé par la fonction de transfert  $C(p)$ ) qui permette à l'ensemble du système d'orientation de l'éolienne de respecter le cahier des charges du constructeur, qui spécifie un alignement de la nacelle en moins de 5 s.

Dans un premier temps, nous étudions le système en chaîne directe, c'est-à-dire composé du **potentiomètre linéaire circulaire**, de l'**amplificateur**, de la **servo-valve** et du **moteur hydraulique**.

**Question 1 :** Mettre en place le schéma-blocs fonctionnel de la chaîne directe en indiquant les noms des composants dans les blocs.

## III) Modélisation

**Question 2 :** Déterminer la fonction de transfert notée  $FTBO(p) = \frac{\theta(p)}{A(p)}$  de cette chaîne directe, avec  $A(p)$ , la transformée de Laplace de  $\alpha(t)$ .

**Question 3 :** Exprimer  $\varepsilon_p(p) = A(p) - \theta(p)$ , l'écart de position angulaire entre la consigne et la sortie, en fonction de  $FTBO(p)$  et de  $A(p)$ .

**Question 4 :** À l'aide du théorème de la valeur finale, déterminer la valeur de l'écart  $\varepsilon_{p\infty}$  pour une entrée échelon de valeur  $\alpha_0$ . Quel est alors l'intérêt d'asservir le système ?

On souhaite maintenant asservir le système, on s'intéresse alors au système complet.

**Question 5 :** À partir du schéma-blocs fonctionnel et des fonctions de transfert de chaque composant, établir le schéma-blocs du système complet.

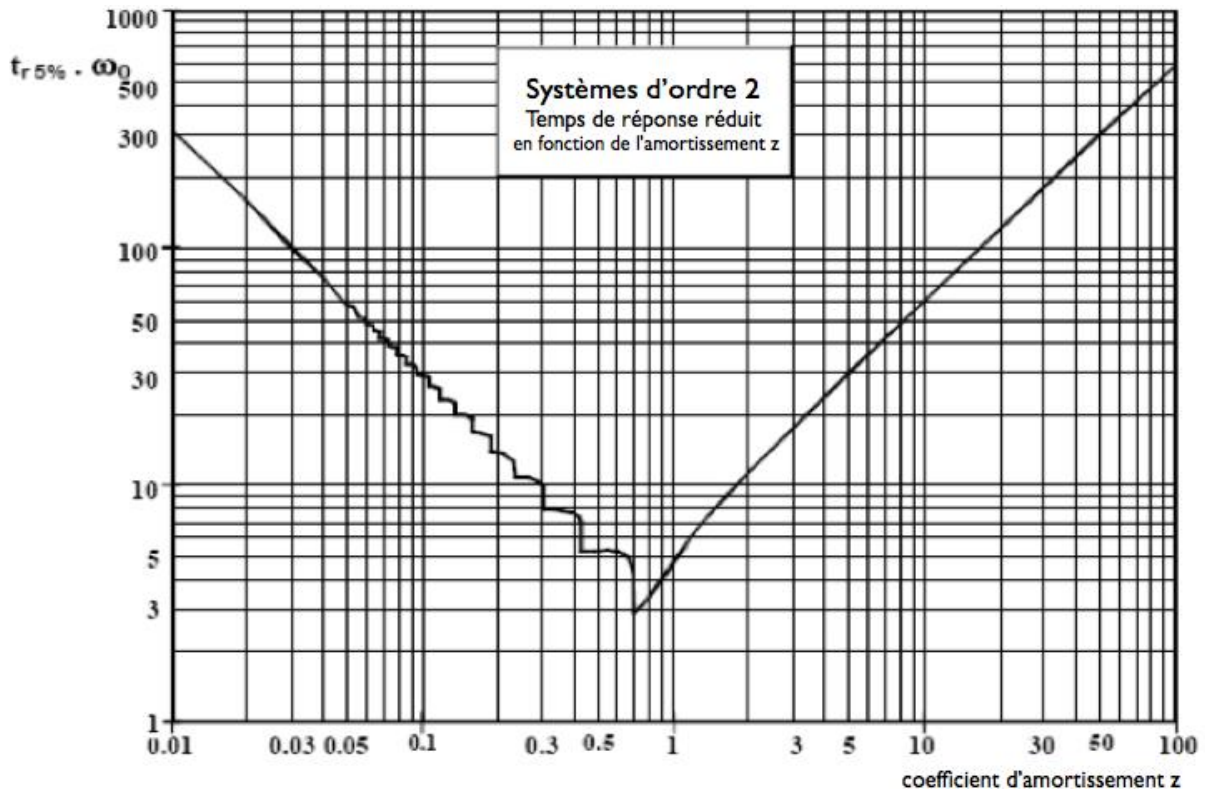
On suppose que  $C(p) = C$  avec  $C$  une constante que l'on déterminera par la suite.

**Question 6 :** Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée  $H_{BF}(p) = \frac{\theta(p)}{A(p)}$  en fonction de  $C$ .

**Question 7 :** Mettre cette fonction de transfert sous forme canonique et déterminer les paramètres caractéristiques de cette fonction de transfert en fonction de  $C$ . Faire l'application numérique.

**Question 8 :** Donner les valeurs de  $z$  et  $\omega_0$  pour  $C = 1$  (pas de correcteur).

La courbe ci-dessous (tracée en échelle logarithmique) donne le temps de réponse réduit ( $t_{5\%} \cdot \omega_0$ ) en fonction du coefficient d'amortissement  $z$ .



**Question 9 :** On constate que le système est le plus rapide pour  $z = 0,7$ , déterminer alors la valeur de  $C$  correspondante et en déduire la valeur de  $\omega_0$ .

**Question 10 :** Pour les deux valeurs de  $z$  déterminées précédemment, lire le temps de réponse réduit correspondant et en déduire  $t_{5\%}$ . Conclure sur l'intérêt de choisir un correcteur.