

## Corrigé type Examen Final

### QUESTIONS :

1). Que signifie le mot '**Drone**' dans la robotique ? (1 pt)

✚ Rép1 : La signification du mot 'Drone' est : *bourdon ou bourdonnement*

2). Plusieurs modèles d'UAVs (Unmanned Aerial Vehicle) sont disponibles suivant leurs domaines d'application et la mission accordée.

✚ Rép2 : les trois (3) modèles sont : (2pts)

- les UAVs à ailes fixes,
- les UAVs à ailes battantes et
- les UAVs à décollage et atterrissage vertical 'VTOL'

3). 'Le drone est un système complexe non linéaire à plusieurs variables, instable notamment en mode de vol, et représente une dynamique fortement couplée.'

- En se basant sur vos lectures, justifiez-vous cette définition d'un Drone? (2pts)

✚ Rép3 : (voir le cours)

4). Le quadrotor, dont le contrôle fait l'objet de cette discussion, fait partie de la famille des hélicoptères, plus particulièrement de la famille des appareils multi-rotors.

- Citer quelques **caractéristiques**, deux (2) **avantages** et deux (2) **désavantages** d'un Quadrotor. (3pts)

✚ Rép4 : **Caractéristiques** : simplicité mécanique, décollage/atterrissage vertical, vol stationnaire, agilité ...

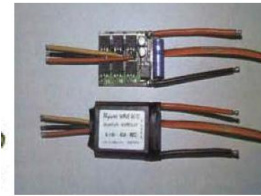
**Avantages** : Vol stationnaire , Petite taille ...

**Désavantages** : Dynamique couplée, système sous actionné ...

5). Qu'est-ce qu'un **actionneur** dans le Drone (i.e. ses composants) et quel est son rôle? (2pts)

✚ Rép5 : Les **propulseurs** sont composés d'un moteur à courant continu de type Brushless, un variateur et une hélice. Ils représentent les **Actionneurs** de notre engin.

6). Identifier les composants (a, b et c) de la figure en bas ? (5pts)



(a) Moteur-CC de type Brushless

(b) Une hélice

(c) Un variateur

- Quelles sont les caractéristiques de l'élément (a), car il est beaucoup utilisé dans les drones ?

✚ **Rép6 :** les BLDC (Brushless Direct Courant) sont des moteurs de type synchrone sans balais ni collecteurs. Pour nos moteurs la cage constitue le rotor (à aimants permanents) et le stator est formé des bobinages (figure (a)).

Avantage :

- L'inertie du rotor est moindre (pas de collecteur).
- Plus grande durée de vie.
- Pas de vibrations, d'étincelles et de frottement.
- Moins de bruit et de chute de tension / Gamme de vitesse plus élevée.
- Optimum et Couple important.

7). On donne le modèle d'un **Quadrotor** (5pts)

✚ **Rép 7 :** le modèle dynamique ainsi que le modèle de la représentation d'état du Quadrotor :

Modèle dynamique

$$\begin{cases} \ddot{x} = \frac{1}{m} (C_\phi S_\theta C_\psi + S_\phi S_\psi) U_1 \\ \ddot{y} = \frac{1}{m} (C_\phi S_\theta S_\psi - S_\phi C_\psi) U_1 \\ \ddot{z} = -g + \frac{1}{m} (C_\theta C_\phi) U_1 \\ \ddot{\phi} = \frac{1}{I_{xx}} [(I_{yy} - I_{zz}) \dot{\theta} \dot{\psi} + U_2] \\ \ddot{\theta} = \frac{1}{I_{yy}} [(I_{zz} - I_{xx}) \dot{\phi} \dot{\psi} + U_3] \\ \ddot{\psi} = \frac{1}{I_{zz}} [(I_{xx} - I_{yy}) \dot{\phi} \dot{\theta} + U_4] \end{cases}$$

modèle d'état

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = a_1 x_4 x_6 + b_1 U_2 \\ \dot{x}_3 = x_4 \\ \dot{x}_4 = a_3 x_2 x_6 + b_2 U_3 \\ \dot{x}_5 = x_6 \\ \dot{x}_6 = a_5 x_2 x_4 + b_3 U_4 \\ \dot{x}_7 = x_8 \\ \dot{x}_8 = -g + a_6 C x_4 C x_2 U_1 \\ \dot{x}_9 = x_{10} \\ \dot{x}_{10} = a_6 (C x_1 S x_3 C x_5 + S x_1 S x_5) U_1 \\ \dot{x}_{11} = x_{12} \\ \dot{x}_{12} = a_6 (S x_1 S x_3 C x_5 - C x_1 S x_5) U_1 \end{cases}$$

$$a_1 = \frac{1}{I_{xx}} (I_{yy} - I_{zz}); \quad a_2 = \frac{I_r}{I_{xx}}; \quad a_3 = \frac{1}{I_{yy}} (I_{zz} - I_{xx});$$

$$a_4 = -\frac{I_r}{I_{yy}}; \quad a_5 = \frac{1}{I_{zz}} (I_{xx} - I_{yy}); \quad a_6 = \frac{1}{m}$$

$$b_1 = \frac{d}{I_{xx}}; \quad b_2 = \frac{d}{I_{yy}}; \quad b_3 = \frac{1}{I_{zz}}$$