

# **BACCALAURÉAT Général**

## **Enseignement de spécialité Sciences de l'Ingénieur**

# **Eléments de correction**

### **PARTIE1-SCIENCES DE L'INGÉNIEUR**

#### **Partie 1 : Sciences de l'ingénieur**

**Robot piscine Zodiac RV 5600**

# 1. Sous-partie 1

|             |                                                                                                                                                                  |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 1. | <b>Relever</b> sur la figure 6 la valeur du seuil de courant $I_{seuil}$ correspondant à la valeur du courant $I_{moteur\_pompe}$ , lorsque le filtre est plein. |
| Figure 6    |                                                                                                                                                                  |

*Le seuil de courant  $I_{seuil}$  est égale à 2.7A. Il correspond au courant à  $t=2500s$  temps pour lequel, l'état de la LED filtre plein*

|                |                                                                                                                                          |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 2.    | <b>Déterminer</b> à partir de la figure 8, la relation entre $U_e$ et $I_{moteur\_pompe}$ . <b>En déduire</b> la valeur de $R_{shunt}$ . |
| Figures 7 et 8 |                                                                                                                                          |

*Courbe linéaire de la forme  $U_e = R_{shunt} \cdot I_{moteur\_pompe}$*

*Soit  $U_e = 0.326 \cdot I_{moteur\_pompe} \Rightarrow R_{shunt} = U_e / I_{moteur\_pompe} = 3/9.2 = 0.326\Omega$*

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 3.    | <b>Déterminer</b> la relation entre $N_{(10)}$ (valeur décimale de la grandeur numérique en sortie du CAN ) et $U_e$ . <b>En déduire</b> la relation entre $N_{(10)}$ et $I_{\text{moteur\_pompe}}$ .<br><br><b>Montrer</b> que $N_{\text{seuil}(10)} = \frac{0,326}{2,93 \cdot 10^{-3}} \cdot I_{\text{moteur\_pompe}}$ . |
| Figures 7 et 8 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

$$Q = \frac{V_{pe}}{2^n} = \frac{3-0}{2^{10}} = 2.93 \cdot 10^{-3} V$$

$$N_{(10)} = \frac{U_e}{q} = \frac{U_e}{2.93 \cdot 10^{-3}}, \text{ Comme } U_e = 0.326 \cdot I_{moteur\_pompe}$$

$$N_{(10)} = \frac{0.326}{2.93 \cdot 10^{-3}} \cdot I_{seuil}$$

|             |                                                                                                                                                                   |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 4. | <b>Compléter</b> sur le document réponse DR1, le diagramme d'états qui avertit visuellement l'utilisateur et désactive le mode paroi lorsque le filtre est plein. |
| DR1         |                                                                                                                                                                   |

|                       |                                                                                                                               |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 5.           | <b>Justifier</b> , au regard des données techniques et des exigences, le choix de ce type de liaison sans fil de type zigbee. |
| Tableau 1 et figure 4 |                                                                                                                               |

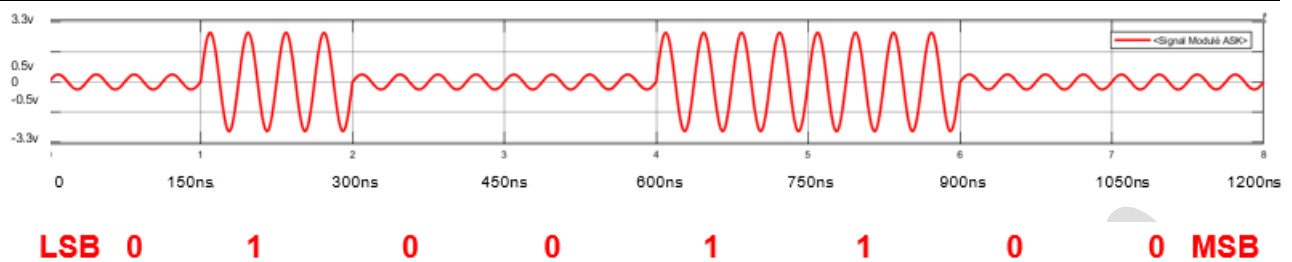
*La portée est suffisante par rapport à la position du boîtier de commande et respecte l'exigence 2.1,  $12m > 10m$*

*L'autonomie de la télécommande est de plusieurs années car le protocole choisi est peu énergivore, exigence 2.2 respecté.*

*Le prix d'un module Zigbee est de 1 euros, exigence est respectée (inférieure à 2€)*

*Seule le module Zigbee respecte les trois exigences 2.1 à 2.3.*

|                        |                                                                                                                                                              |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 6.            | À partir de l'extrait de trame figure 10 et du tableau 2 de correspondance, <b>déterminer</b> quelle commande a été envoyée au robot depuis la télécommande. |
| Figure 10 et tableau 2 |                                                                                                                                                              |



*DATA = (0011 0010)<sub>2</sub> soit 0x32, la commande envoyée par la télécommande est une commande de marche avant*

|             |                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 7. | <b>Proposer</b> sur le DR2 les commentaires des lignes 18 à 21 du code Python. <b>Compléter</b> ensuite le script Python des lignes 22 à 26, permettant de commander le robot en marche avant à partir de la télécommande Kinétic. |
| DR2         |                                                                                                                                                                                                                                    |

*On teste grâce à l'instruction conditionnelle « if » si la valeur contenue dans la variable xbee\_msg est égale à 0x33 ce qui correspond à une commande de marche arrière.*

|                 |                                                                                                                                             |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 8.     | <b>Conclure</b> sur le DR3 quant au respect des exigences concernant la détection filtre plein et le pilotage du robot via la télécommande. |
| Figure 4 et DR3 |                                                                                                                                             |

## 2. Sous-partie 2

|             |                                                                                                                         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 9. | <b>Compléter</b> le document réponse DR4 en indiquant les différentes grandeurs de flux et d'efforts avec leurs unités. |
| DR4         |                                                                                                                         |

|              |                                                                                                            |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 10. | <b>Montrer</b> , en appliquant le théorème de la résultante dynamique, les équations scalaires suivantes : |
| Figure 12    |                                                                                                            |

Équation 1 sur Z :

$$F_{m1} \cdot \sin \alpha + F_{m2} \cdot \sin \beta - M_r \cdot g - F_{\text{trainée}} + F_{ej} \cdot \sin(30^\circ) + F_{\text{arch}} - F_{\text{brosse}} = 0$$

Équation 2 sur X :

$$F_{m1} \cdot \cos \alpha + F_{m2} \cdot \cos \beta - F_{ej} \cdot \cos(30^\circ) - F_{\text{dep}} = 0$$

On isole le robot

$$\Sigma \vec{F}_{/robot} = \vec{0} \quad \vec{F}_{m1} + \vec{F}_{m2} + \vec{F}_{ej} + \vec{F}_{\text{arch}} + \vec{F}_{\text{brosse}} + \vec{F}_{\text{dep}} + \vec{F}_{\text{trainée}} + \vec{P} = \vec{0}$$

en projection sur  $\vec{z}$  :  $F_{m1} \cdot \sin \alpha + F_{m2} \cdot \sin \beta - P - F_{\text{trainée}} + F_{ej} \cdot \sin 30 + F_{\text{arch}} - F_{\text{brosse}} = 0$

en projection sur  $\vec{x}$  :  $F_{m1} \cdot \cos \alpha + F_{m2} \cdot \cos \beta - F_{ej} \cdot \cos 30 - F_{\text{dep}} = 0$

|              |                                                                                                           |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 11. | <b>Montrer</b> , en appliquant le théorème du moment dynamique au point B, l'équation scalaire suivante : |
| Figure 12    |                                                                                                           |

Équation 3 sur Y :

$$115 \cdot M_r \cdot g + 100 \cdot F_{\text{dep}} + 115 \cdot F_{\text{trainée}} - 115 \cdot F_{\text{arch}} - 280 \cdot F_{m1} \cdot \cos \alpha + 326 \cdot F_{ej} \cdot \cos(30^\circ) - 234 \cdot F_{ej} \cdot \sin(30^\circ) = 0$$

$$\Sigma M(\vec{F}_{/robot})_B = 0$$

En projection sur  $\vec{y}$

$$-F_{m1z} \cdot 280 + F_{\text{dep}} \cdot 100 + F_{\text{trainée}} \cdot 115 - F_{ejz} \cdot 234 + F_{ejx} \cdot 326 + P \cdot 115 - F_{\text{arch}} \cdot 115 = 0$$

$$115 \cdot P + 100 \cdot F_{\text{dep}} + 115 \cdot F_{\text{trainée}} - 115 \cdot F_{\text{arch}} - 280 \cdot F_{m1} \cdot \cos \alpha + 326 \cdot F_{ej} \cdot \cos 30 - 234 \cdot F_{ej} \cdot \sin 30 = 0$$

|              |                                                                                                      |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 12. | <b>Vérifier</b> que le couple $C_m$ en sortie du motoréducteur droit a une valeur proche de 0,2 N.m. |
| Figure 13    |                                                                                                      |

Roue avant droite :

$$C_{\text{roue\_av\_droite}} = 0.105 \cdot 4.5 = 0.472 \text{ Nm}$$

$$C_{\text{motoreducteur\_av\_droit}} = C_{\text{roue\_av\_droite}} \cdot 0.1191 / 0.8 = 0.070 \text{ Nm}$$

Roue arrière droite :

$$C_{roue\_ar\_droite} = 0.105 \cdot 8.5 = 0.892 \text{ Nm}$$

$$C_{moteur\_ar\_droite} = C_{roue\_ar\_droite} \cdot 0.1191 / 0.8 = 0.132 \text{ Nm}$$

$$C_{réducteur\_droit} = C_{réducteur\_av\_droit} + C_{réducteur\_ar\_droite} = 0.202 \text{ Nm}$$

Le couple sortie motoréducteur est de 0.202 Nm

Éléments de correction

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 13.   | <b>Relever</b> sur la figure 15 les valeurs du courant consommé en régime permanent dans les cas de l'expérimentation (valeur moyenne de $I_{\text{expérimental}}$ ) et du modèle multiphysique ( $I_{\text{simulé}}$ ).<br><br>Le modèle est considéré valide si l'écart relatif entre ces deux valeurs est inférieur à 10 %. <b>Conclure</b> . |
| Figures 15, 16 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

$I_{\text{simulé}} = 130 \text{ mA}$

$I_{\text{expérimental}} = 135 \text{ mA}$

$(135-130)/135 = 0.037$  soit  $3.7 \% < 10\%$  , modèle validé

|                   |                                                                                                                                                       |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 14       | <b>Retrouver</b> la valeur du couple moteur $C_{m\_simu}$ à partir de la courbe simulée et <b>comparer</b> à la valeur $C_m$ déterminée précédemment. |
| Figure 15 et 16   |                                                                                                                                                       |
| Question 12 et 13 |                                                                                                                                                       |

Calcul de  $C_{m\_simu}$  ;  $K_c = 1.55 \text{ Nm/A}$

$C_{m\_simu} = 130 * 1.55 = 201.5 \text{ mNm} = 0.201 \text{ Nm}$  correspond à  $C_m$  (Q13) de  $0.202 \text{ Nm}$

|                      |                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 15          | À partir des figures 17 et 13, <b>déterminer</b> la vitesse de déplacement $V_{\text{robot}}$ du robot en $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ en régime établi.<br><b>Conclure</b> quant au respect de l'exigence 1.1, figure 11. |
| Figures 11, 13 et 17 |                                                                                                                                                                                                                                |

$\omega_{\text{motoréducteur}} = 11.2 \text{ rad/s}$

$\omega_{\text{roue}} = 11.2 * 0.1191 = 1.33 \text{ rad/s}$      $V_{\text{robot}} = 1.33 * 0.105 = 0.14 \text{ m/s}$  soit  $8.4 \text{ m/min}$

Exigence de  $9 \text{ m/min} \pm 1$  en montée est respectée.

### 3. Sous-partie 3

|             |                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 16 | À partir de la figure 19, <b>calculer</b> l'énergie électrique $W_{\text{moteurs}}$ consommée en Joule puis en W.h (rappel $1\text{J} = 1\text{ W.s}$ ) par les moteurs de propulsion et de pompe sur un parcours type. |
| Figure 19   |                                                                                                                                                                                                                         |

$$W_{\text{moteurs}} = 92 \cdot 40 + 97 \cdot 10 + 19 \cdot 10 + 30 \cdot 4 + 55 \cdot 4 + 92 \cdot 52 = 9964 \text{ W.s}$$

soit 2.77 W.h pour un parcours type de 2 minutes

|             |                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 17 | <b>Calculer</b> l'énergie électrique $W_{\text{électronique}}$ consommée en Joule puis en W.h par les composants électroniques sur un parcours type.<br><b>En déduire</b> l'énergie électrique $W_{\text{cycle}}$ consommée pour un cycle. |
|             |                                                                                                                                                                                                                                            |

$$W_{\text{électronique}} = 0.5 \cdot 5 \cdot 120 = 300 \text{ J} = 0,083 \text{ Wh pour un parcours type de 2 minutes}$$

$$W_{\text{cycle}} = W_{\text{électronique}} + W_{\text{moteurs}} = 2,853 \text{ Wh}$$

|             |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 18 | <b>Déterminer</b> l'énergie minimale $W_{\text{batterie}}$ de la batterie en W.h satisfaisant l'exigence 4.1 (figure 18). En tenant compte de la profondeur de décharge de la batterie, <b>en déduire</b> sa capacité minimale $Q_{\text{batterie}}$ en A.h. |
| Figure 18   |                                                                                                                                                                                                                                                              |

Pour un cycle de 3h,  $W_{\text{électronique}(3h)} = 30 \cdot 0.083 \cdot 3 = 7.47 \text{ W.h}$  (1h correspond à 30 cycles)

Pour un cycle de 3h,  $W_{\text{moteurs}(3h)} = 30 \cdot 2.77 \cdot 3 = 249.3 \text{ W.h}$

Pour un cycle de 3h,  $W_{\text{total}(3h)} = 256.8 \text{ W.h}$

Soit Capacité minimale  $Q = 256.8 / (24 \cdot 0.8) = 13.37 \text{ A.h}$

Si l'élève a pris en compte la profondeur de décharge de la batterie lors du calcul des différentes énergies sur un cycle de 3 heures, le résultat est correct.

$$W_{\text{électronique}(3h)} = 30 \cdot 0.083 \cdot 3 / 0.8 = 9.33 \text{ W.h}$$

$$W_{\text{moteurs}(3h)} = 30 \cdot 2.77 \cdot 3 / 0.8 = 311.62 \text{ W.h}$$

$$W_{\text{total}(3h)} = 321 \text{ W.h}$$

$$Q = 321 / 24 = 13.37 \text{ A.h}$$

|                        |                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 19            | <b>Proposer</b> une association de modules permettant de réaliser la batterie souhaitée. <b>Déterminer</b> le nombre nécessaire de modules.<br><br><b>Montrer</b> qu'il est possible de stocker 343 Wh dans cette batterie |
| Tableau 3<br>Figure 20 |                                                                                                                                                                                                                            |

7 modules en série soit  $7 \cdot 3.6 = 25.2 \text{ V} > 24\text{V}$

4 branches de 7 modules soit  $4 \cdot 3.4 = 13.6 \text{ A.h} > 13.5\text{A.h}$

28  $3,6 \times 3,4 = 343 \text{ Wh}$  énergie disponible.

|                        |                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 20            | À partir du tableau 3, <b>déterminer</b> la masse en kg et le volume en litres de cette batterie. <b>Conclure</b> quant au respect des exigences 4.2 et 4.3 données dans le diagramme de la figure 18. |
| Tableau 3<br>Figure 18 |                                                                                                                                                                                                        |

343 Wh =>  $343/300=1,14$  litre

$343 / 120 = 2,85$  kg

En prenant en compte cette batterie, le volume et la masse restent conforme aux exigences.

Éléments de correction

**Question 4 :**

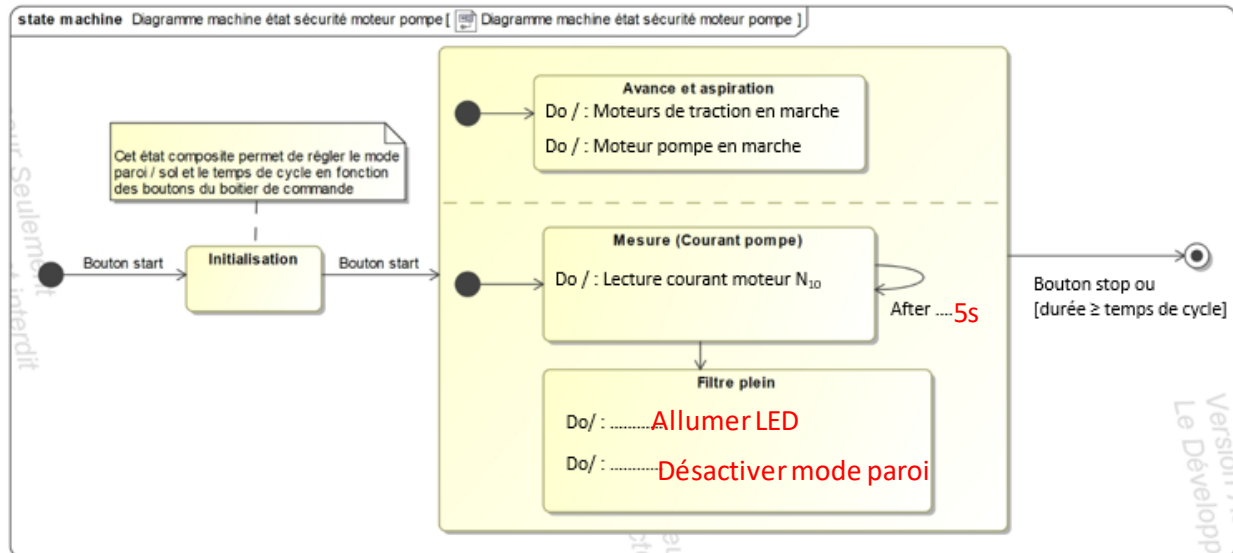


Figure 1 : diagramme machine à état filtre plein

**Question 7 :**

```

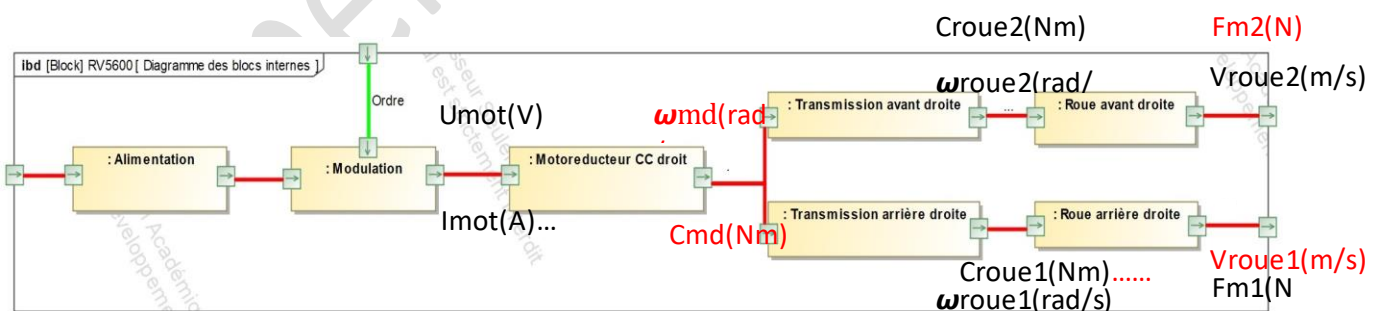
1  import zigbee                # Importation de la librairie Zigbee
2  from RV5600 import*          # Importation de la librairie RV5600
3
4  """ Initialisation """
5  RV5600.pump_motor (0,0)      # Arrêt du moteur pompe
6  RV5600.Left_traction_motor (0,0) # Arrêt du moteur traction gauche
7  RV5600.Right_traction_motor (0,0) # Arrêt du moteur traction droit
8  RV5600.State_LED = 0        # Désactivation de la led
9  RV5600.Wall_mode = 0        # Désactivation du mode paroi
10
11 # Instantiate a Zigbee device object.
12 device = ZigBeeDevice("COM1", 9600)
13 device.open()
14
15 # Read data.
16 xbee_msg = device.read_expl_data() # Stocke dans xbee_msg les données lues
17                                   # via la liaison Zigbee
18 if xbee_msg == 0x33 :             # marche arrière à compléter
19     RV5600.Left_traction_motor (60,-1) # moteur gauche à compléter
20                                         # 60%, rot anti-horaire
21     RV5600.Right_traction_motor (60,-1) # moteur droit à compléter
22                                         # 60%, rot anti-horaire
23 elif xbee_msg == .....0x32..... # à compléter
24     RV5600.Left_traction_motor .....(80,1)..... # à compléter
25     RV5600.Right_traction_motor .....(80,1)..... # à compléter
26
27
28 elif xbee_msg == 0x35 :
29     RV5600.Left_traction_motor (50,1) # Activation du moteur gauche avec une PWM
30                                         # à 50% et rotation marche avant
31     RV5600.Right_traction_motor (0,0) # Arrêt du moteur droit
32 elif xbee_msg == 0x34 :
33     RV5600.Left_traction_motor (0,0)
34     RV5600.Right_traction_motor (50,1)

```

**Question 8 :**

| Exigences             | Valeur et/ou niveau attendus                       | Valeur et/ou solutions trouvées | Validité | Justification                                              |
|-----------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|----------|------------------------------------------------------------|
| Portée communication  | >à 10 m                                            | Environ 12 m                    | validé   | Car Tab1 module Zigbee portée de 12 m environ              |
| Autonomie avec pile   | Plusieurs années                                   | Plusieurs années                | validé   | Car tab1autonomie module avec pile est de plusieurs années |
| Coût module           | Inférieur à 2€                                     | 1€                              | validé   | Car tab1, prix module estimé à 1€                          |
| Détecter filtre plein | Détecter et prévenir l'utilisateur du filtre plein | Capteur + led                   | validé   | capteur de courant et présence led sur boîtier             |

**Question 9 :**



Éléments de correction