Modèle CCYC : ©DNE
Nom de famille *(naissance)* **:**
(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.1

ÉPREUVES COMMUNES DE CONTRÔLE CONTINU

CLASSE : Première

E3C : ☐ E3C1 ☒ E3C2 ☐ E3C3

VOIE : ☒ Générale ☐ Technologique ☐ Toutes voies (LV)

ENSEIGNEMENT : Sciences de l'ingénieur

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 2h00

Niveaux visés (LV) : LVA LVB

Axes de programme :
Analyser le besoin d'un produit par une démarche d'ingénierie système
Analyser l'organisation matérielle d'un produit par une démarche d'ingénierie système
Caractériser l'énergie nécessaire au fonctionnement d'un produit ou un système
Repérer les échanges d'énergie sur un diagramme structurel
Quantifier les écarts de performance entre les valeurs attendues, mesurées, simulées
Proposer et justifier des hypothèses ou simplification en vue d'une modélisation
Traduire le comportement attendu ou observé d'un objet par une structure algorithmique
Modéliser les mouvements
Modéliser les actions mécaniques
Modéliser les mouvements & Modéliser les actions mécaniques
Caractériser les échanges d'informations
Déterminer les grandeurs géométriques et cinématiques d'un mécanisme
Prévoir l'ordre de grandeur de la mesure
Identifier les erreurs de mesure
Rendre compte de résultats

CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui ☐ Non

DICTIONNAIRE AUTORISÉ : ☐ Oui ☒ Non

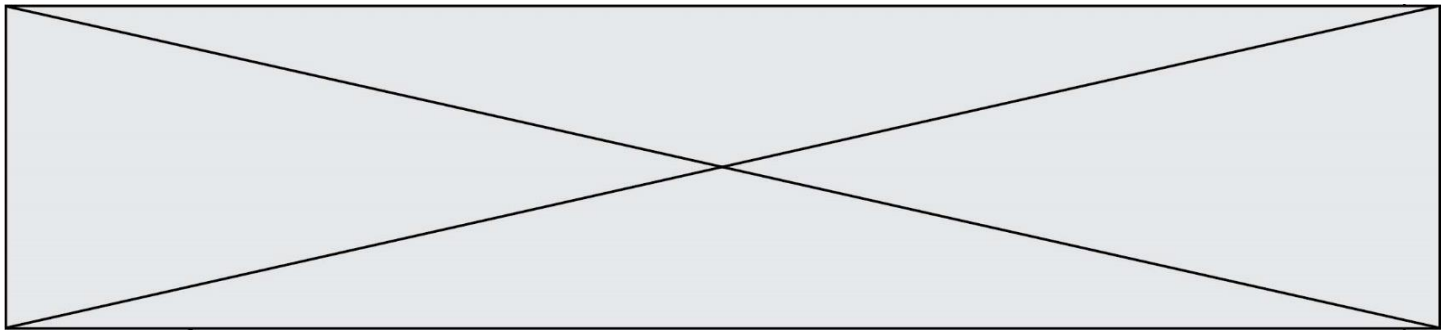
☒ Ce sujet contient des parties à rendre par le candidat avec sa copie. De ce fait, il ne peut être dupliqué et doit être imprimé pour chaque candidat afin d'assurer ensuite sa bonne numérisation.

☒ Ce sujet intègre des éléments en couleur. S'il est choisi par l'équipe pédagogique, il est nécessaire que chaque élève dispose d'une impression en couleur.

☐ Ce sujet contient des pièces jointes de type audio ou vidéo qu'il faudra télécharger et jouer le jour de l'épreuve.

Nombre total de pages : 14

G1SSCIN03212



SUJET SI-E3C-06-01

Constitution du sujet :

- **Étude d'une performance du produit** ..... Pages 3 à 7
- **Commande du fonctionnement du produit ou modification de son comportement** ..... Pages 8 à 12
- **Documents réponses** ..... Pages 13 à 14

Rappel du règlement de l'épreuve

Le sujet comporte deux exercices indépendants l'un de l'autre, équilibrés en durée et en difficulté, qui s'appuient sur un produit unique.

Un premier exercice s'intéresse à l'étude d'une performance du produit. Les candidats doivent mobiliser leurs compétences et les connaissances associées pour qualifier et/ou quantifier cette performance, à partir de l'analyse, de la modélisation de tout ou partie du produit ou de relevés expérimentaux.

Le second exercice porte sur la commande du fonctionnement du produit ou la modification de son comportement. L'étude s'appuie sur l'algorithmique et de la programmation, à partir de ressources fournies au candidat qu'il devra exploiter, compléter ou modifier.

Modèle CCYC : ©DNE
Nom de famille *(naissance)* :
(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)
Prénom(s) :
N° candidat : N° d'inscription :
(Les numéros figurent sur la convocation.)
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Né(e) le : / /
1.1

Présentation d'Effibot

Effibot (figure 1) est un robot de manutention intelligent, capable de fonctionner avec deux modes collaboratifs avec un opérateur (Follow-me et Precede-me) et en mode totalement autonome. Équipé de deux pupitres, le robot est entièrement réversible.

Figure 1 : : robot de manutention Effibot

Effibot est en permanence protégé par un système anticollision, fonctionnant à 360° autour du véhicule, qui lui permet d'éviter et de contourner automatiquement tout obstacle qu'il aura détecté dans son environnement.

Mission du robot et diagramme de définition de blocs :

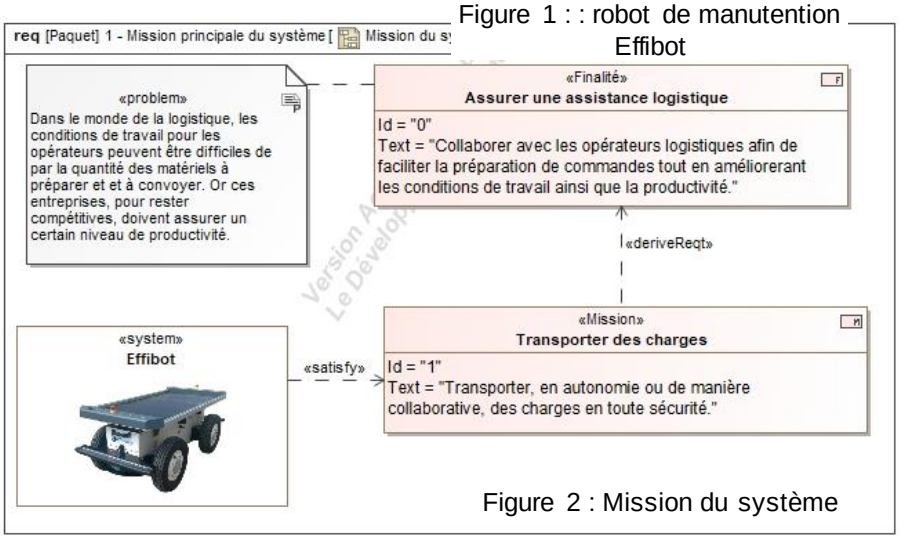


Figure 2 : Mission du système

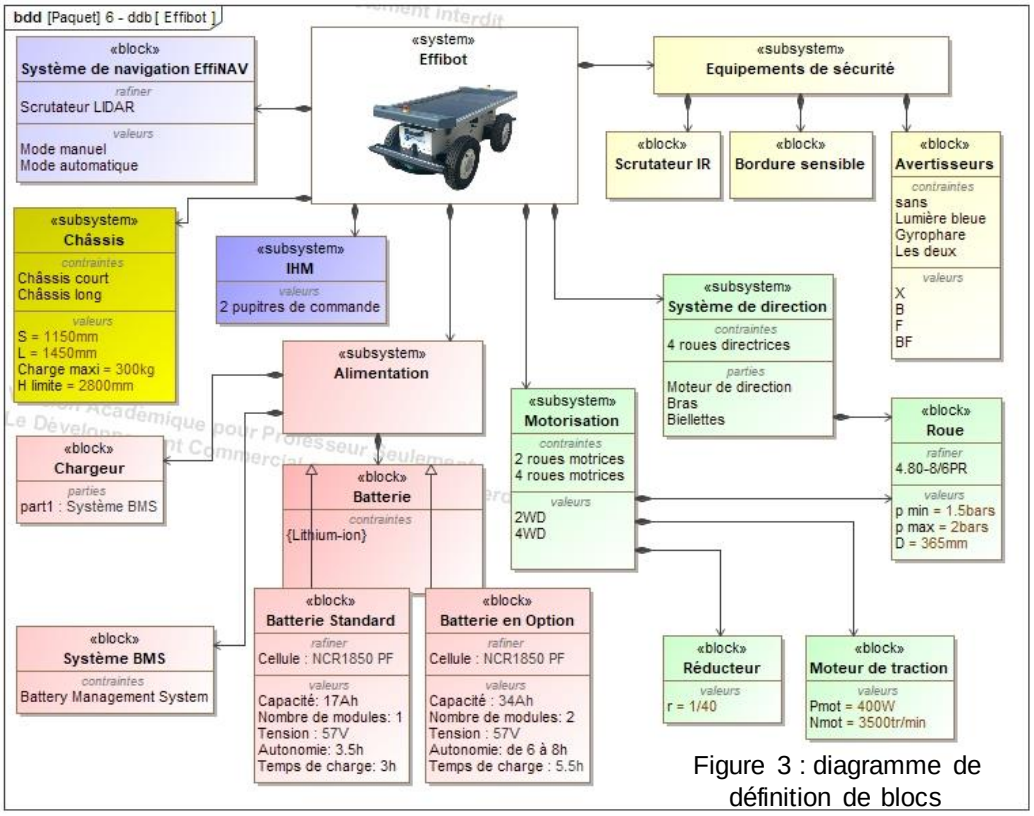


Figure 3 : diagramme de définition de blocs

G1SSCIN03212

ÉTUDE D'UNE PERFORMANCE DU PRODUIT

Problématique :
Le robot Effibot pouvant avoir un fonctionnement autonome, peut-il basculer sous l'effet d'une hauteur de charges excessives ?

Question I-1 Figure 2 et 3
D'après la mission du système, **déterminer** à quelle grandeur physique fait référence la problématique de non-basculement du robot Effibot (1). D'après le diagramme de définition de blocs, **définir** quels sont les éléments structurels qui assurent la stabilité du robot.

Identification des configurations de déplacement pouvant générer un basculement.

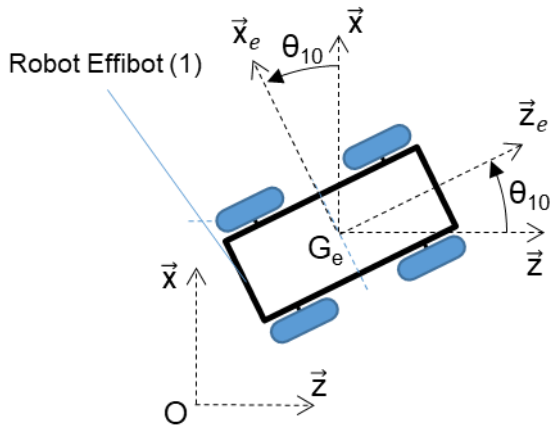


Figure 4 : schéma du robot Effibot (1)

La figure 4 présente le paramétrage associé à l'étude cinématique du robot Effibot.

$R_0(O,\vec{x},\vec{y},\vec{z})$ est un repère fixe lié au sol.
$R_1(G_e,\vec{x_e},\vec{y_e},\vec{z_e})$ est un repère lié au robot Effibot.
On définit alors $\theta_{10}=(\vec{z},\vec{z_e})=(\vec{x},\vec{x_e})$

La vitesse de déplacement du robot Effibot est calculée à partir de la vitesse de son centre de masse G_e du robot Effibot (1) par rapport au repère R_0 fixe lié au sol.

Le cahier des charges indique :
$\left\| \vec{V}_{G_e \epsilon 1/R_0} \right\| = V_{G_e} = 6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

L'effet de l'accélération normale est modélisé lors des virages par une force dirigée vers l'extérieur de celui-ci. Cette force tend à éloigner l'ensemble (le robot Effibot) en mouvement du centre de rotation O_1.

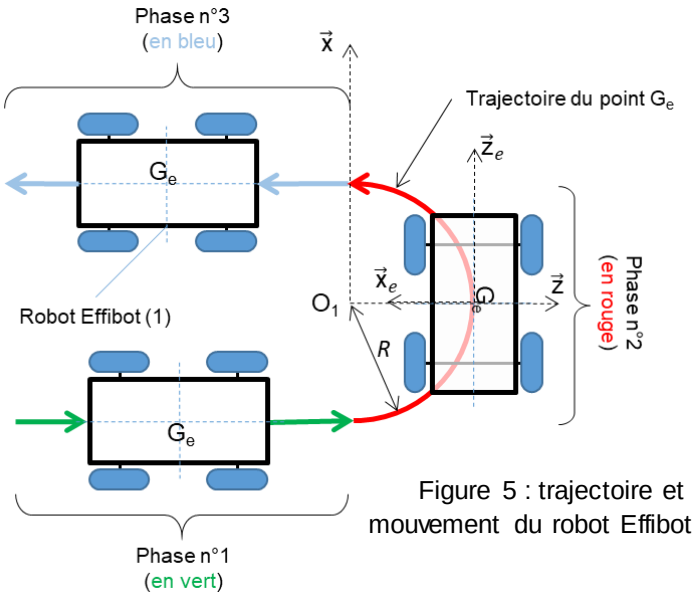


Figure 5 : trajectoire et mouvement du robot Effibot (1)

Cette force est exprimée par la relation :

$$\overrightarrow{F_a} = -F_a \cdot \overrightarrow{x_e} \text{ avec } F_a = m \cdot R \cdot (\dot{\theta}_{10})^2$$

Avec :

- m : la masse du robot Effibot (1) avec son chargement (m = 430 kg) ;
- R : le rayon de courbure ou rayon du virage (R = 1 200 mm, rayon de courbure minimum) ;
- $\dot{\theta}_{10}$: la vitesse angulaire du robot Effibot (1) par rapport à R_0.

Question I-2 Pour la phase n°2, **Définir** la trajectoire du point G_e dans le repère R_0 ainsi que le mouvement du robot Effibot (1) dans le repère R_0.
Figure 5

Question I-3 **Exprimer la relation liant** V_{G_e}, $\dot{\theta}_{10}$, et R. **En déduire** F_a en fonction de m, R et V_{G_e}.
Figure 5

L'ensemble {S} = {Effibot (1) + chargement (2)} s'engage dans un virage à vitesse constante.

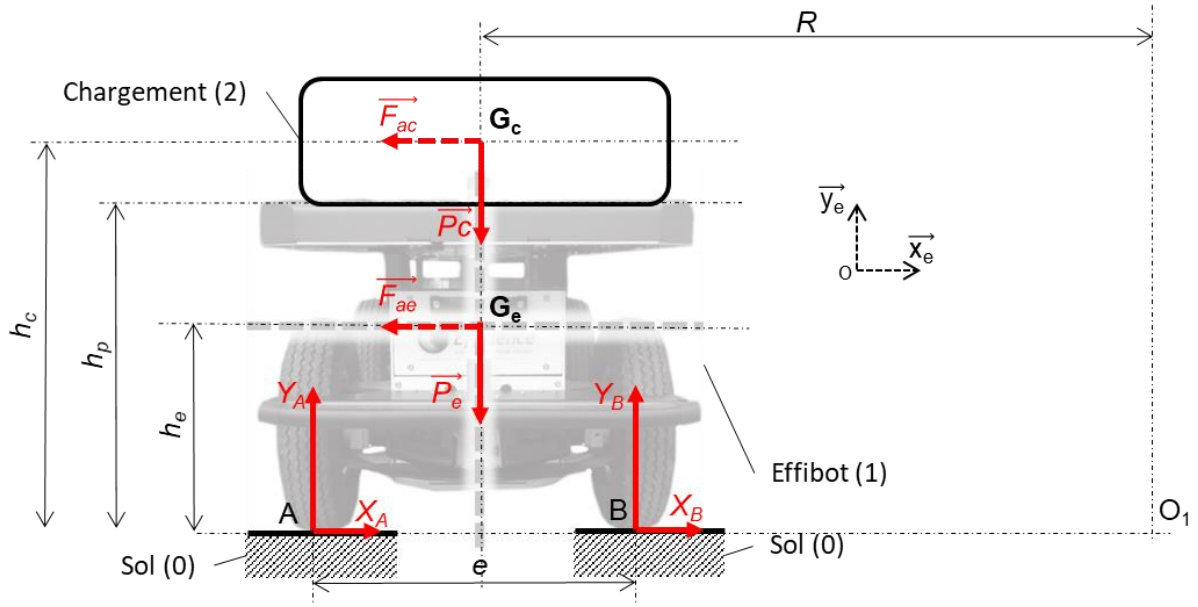
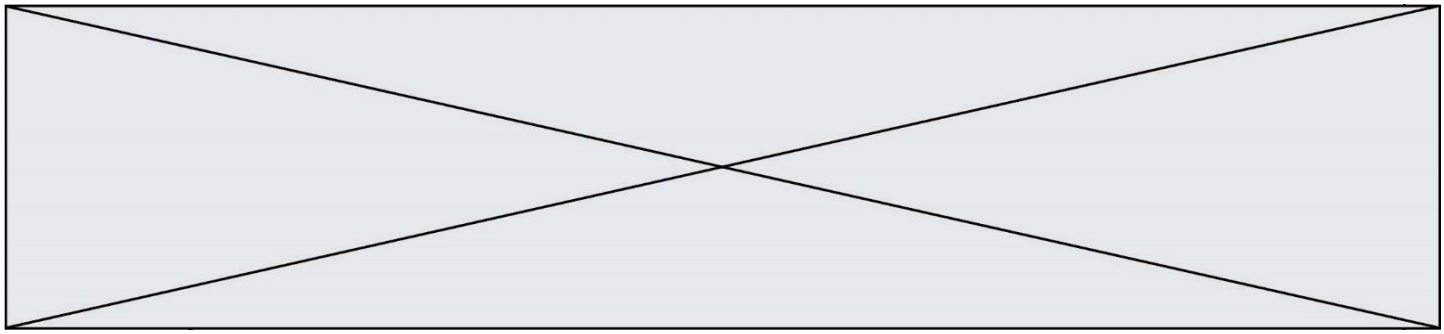


Figure 6 : paramétrage de l'étude statique

Avec :

- g, accélération de la pesanteur (g = 9,81 m·s^{-2});
- m_e, masse du robot Effibot (1) (m_e = 130 kg) ;
- G_e, centre de masse du robot Effibot (1) ;
- m_c, masse du chargement (2) (m_c = 300 kg) ;
- G_c, centre de masse du chargement (2) ;
- R, rayon de courbure du mouvement des centres de gravité du robot et du chargement (R = 1 200 mm) ;



- O_1, centre de rotation du robot par rapport au sol ;
- e = AB, largeur de voie ou empattement (e = AB= 660 mm) ;
- h_p, hauteur du plateau de chargement par rapport au sol (h_p = 550 mm) ;
- h_e, hauteur du centre de gravité G_e du robot Effibot(1) par rapport au sol (h_e = 400 mm) ;
- h_c : hauteur du centre de gravité G_c du chargement (2) par rapport au sol.

Question I-4 **Exprimer** quelles sont les conditions nécessaires à l'hypothèse d'une étude dans le plan $(O,\vec{x_e},\vec{y_e})$ telle qu'elle a été réalisée sur la figure 6. Le système {S} étant isolé, **effectuer** l'inventaire des actions mécaniques extérieures à {S} agissant sur {S} en utilisant le formalisme des torseurs.

Le théorème du moment dynamique, en A, appliqué à l'ensemble {S} en projection suivant $\vec{z}$ permet d'obtenir la relation suivante :

$$\frac{(V_{G_e})^2}{R}\cdot(h_e\cdot m_e+h_c\cdot m_c)-\frac{e}{2}\cdot(P_e+P_c)+e\cdot Y_B=0$$

Équation 1

À partir de l'équation du moment dynamique (équation 1), l'évolution de la composante Y_B en fonction du rayon de courbure pris par le robot Effibot(1) est représentée sur la figure 7.

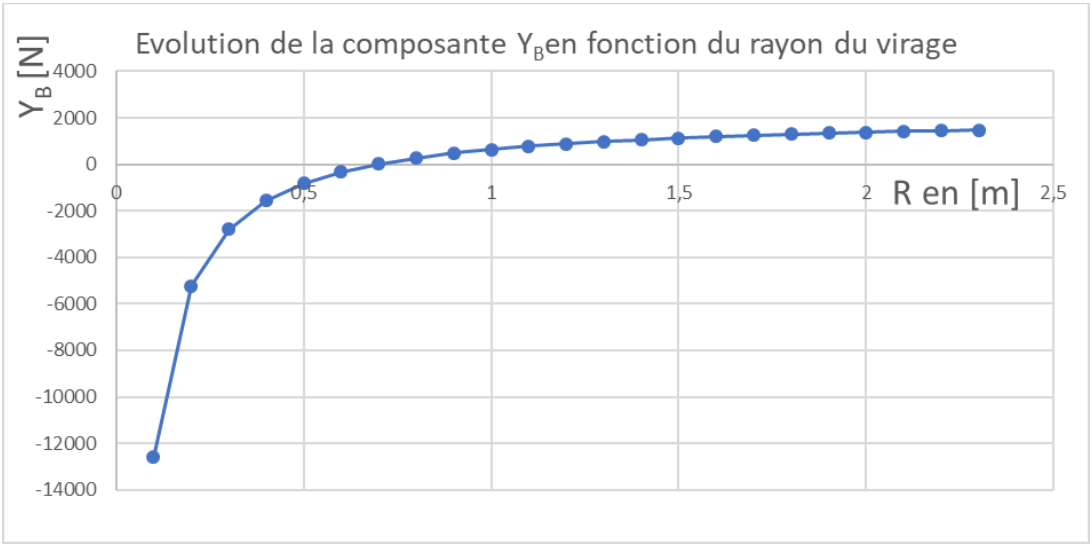


Figure 7 : évolution de Y_A en fonction de R (avec h_c =1 m)

Question I-5 Figure 7 À partir de la figure 7, **Indiquer** la valeur de Y_B à la limite du basculement. En **déduire** la valeur du rayon du virage R.

À partir de l'équation du moment dynamique et de la valeur de Y_B à la limite du basculement du robot, dans le cadre des hypothèses faites, h_c s'écrit :

$$h_c = - h_e \cdot \frac{m_e}{m_c} + \frac{R \cdot e \cdot g}{2 \cdot (V_{G_e})^2} \cdot (1 + \frac{m_e}{m_c})$$

Équation 2

Question I-6
Équation 2

En faisant l'hypothèse que le chargement est homogène et en utilisant l'équation 2, **déterminer** la hauteur limite notée H_{limite} du chargement que le robot peut supporter sans basculer dans les conditions décrites.
D'après le bloc « subsytem Châssis », **conclure** quant au risque de basculement lors de son déplacement en virage à vitesse maximale.

COMMANDE DU FONCTIONNEMENT DU PRODUIT OU MODIFICATION DE SON COMPORTEMENT

Problématique :
Comment informer l'utilisateur du robot Effibot(1) de l'état de charge de la batterie ?

Le synoptique (figure 8) présente une modélisation d'une partie de la chaine d'énergie assurant la gestion de la charge de la batterie.

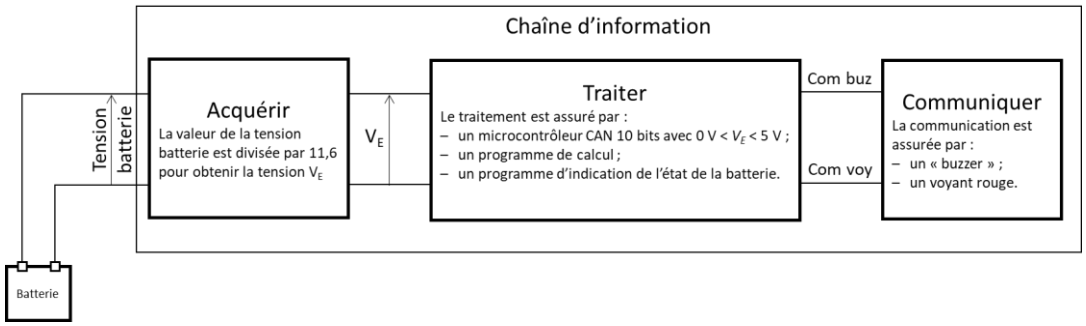


Figure 8 : modélisation d'une partie de la chaîne d'information.

Un premier programme de calcul (non étudié dans le sujet) implanté dans un microcontrôleur du robot Effibot(1), ayant pour paramètre d'entrée, la température, la tension batterie et le courant moyen débité, permet de déterminer le niveau de charge de la batterie (ou sa capacité restante) entre 100 % et 0 %.

Le code fourni en sortie du CAN (convertisseur analogique numérique) est sous forme binaire codé sur 8 bits. Ce code binaire est compris entre $(00000000)_2$ et $(01100100)_2$ (soit entre 0 et 100 en décimal).

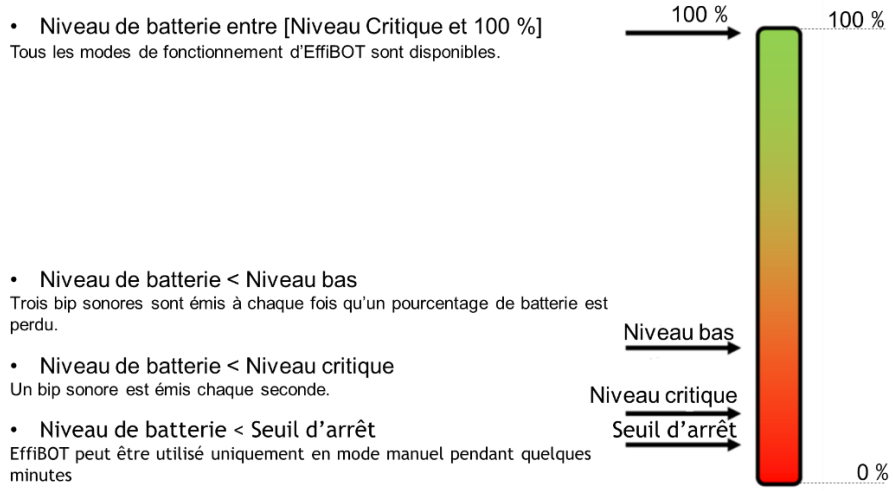


Figure 9 : fonctionnement en fonction de la capacité de la batterie

Un deuxième programme, "**Etat batterie**", permet d'avertir l'utilisateur du robot Effibot de l'état de charge de la batterie. La batterie étudiée a une capacité de 100 % égale à 17 A·h.

Question II-1 Figure 9 **Exprimer** les pourcentages de la capacité restante du seuil de Niveau bas, Niveau critique et Seuil d'arrêt en mesurant les pourcentages sur la figure 9 et **caractériser**, en watt-heure, l'énergie utilisable par le robot jusqu'au seuil d'arrêt.
Remarque: Le seuil d'arrêt exprime une capacité insuffisante pour mouvoir le robot**.**

Le programme implanté dans le microcontrôleur permettant de signaler les différents niveaux de batterie implique les grandeurs d'entrée et de sortie données ci-dessous.

Grandeur d'entrée :

- Taux : chaîne de 8 caractères

#code binaire représentatif du niveau de taux de charge de 0 à 100

Grandeurs de sortie :

- Bip : booléen

Bip = 1 indique que le bip sonore est activé

- voyant_Rouge : booléen

voyant_Rouge = 1 indique que le voyant rouge est allumé (le niveau de batterie est inférieur au seuil critique)

Le programme "Etat batterie" utilise 3 fonctions (ou sous-programmes) :

- Tempo(N) est une fonction de temporisation avec pour argument N, de type entier représentant la durée en milliseconde de la fonction Tempo. ;
- 3_Bips(T) est fonction qui génère 3 bips sonores espacés de 1 seconde avec pour argument T.

T est une chaîne de 8 caractères (#code binaire représentatif du niveau de taux de charge).
M est une chaîne de 8 caractères (#représente la valeur du taux lors du dernier appel de la fonction 3_Bips() c'est un code binaire représentatif du niveau de taux de charge).

- 1_Bip() est la fonction qui génère 1 bip sonore.

Question II-2 DR 1 et DR 2 **Compléter** l'algorithme du programme "Etat batterie" et l'algorithme de la fonction "3Bips(T)", en accord avec les descriptifs ci-dessus.

Question II-3 **Caractériser** les échanges d'informations « type d'information n°1, n°2, n°3 et n°4 » de la chaîne d'information présente de la figure DR 3. Les types d'informations peuvent être : "Numérique", "Analogique" ou "Logique".

Figure 8
DR 3

Pour effectuer le traitement informatique du niveau de la batterie afin d'indiquer à l'utilisateur la bonne information, il est nécessaire d'acquérir et de traiter celle-ci.

Les courbes de la figure 10 indiquent la valeur de la tension de la batterie en fonction de la profondeur de décharge.

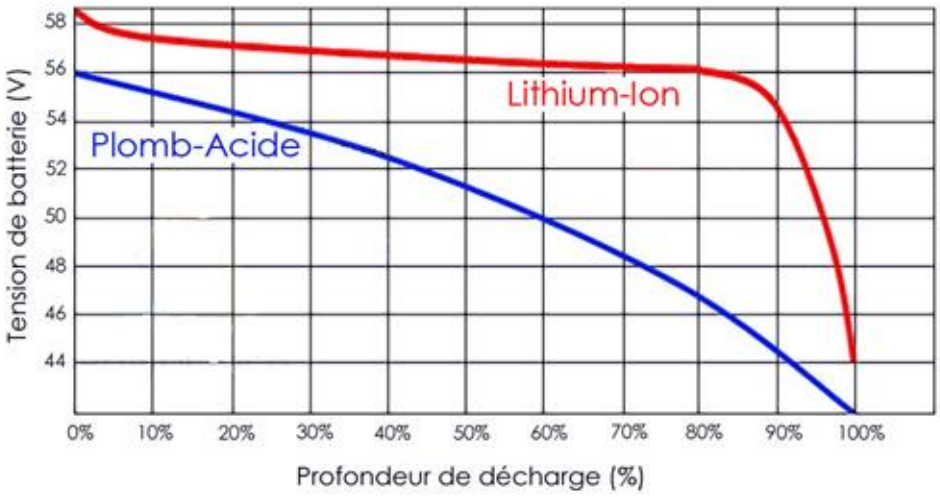


Figure 10 : courbe de décharge - Lithium-Ion vs Plombs Acide

La profondeur de décharge exprime la capacité consommée par le robot.

La tension batterie est relevée puis divisée par un coefficient de 11,6 afin de ramener celle-ci entre 0 V et 5 V, puis convertie en un code binaire sur 10 bits. Ce code est traité via un programme de calcul qui transmet la variable **Taux** au programme "Etat batterie".

Question II-4 **Déterminer**, à l'aide du diagramme de définition de blocs (figure 3) et de la figure 10, les niveaux de tension batterie correspondant aux seuils suivant :

Figure 3 et 10

- 100 % ;
- Niveau bas ;
- Niveau critique ;
- Seuil d'arrêt.

Construire un tableau mettant en relation les valeurs des tensions en entrée du CAN, les codes binaires et hexadécimaux représentant ces tensions, pour les seuils :

- Niveau bas" ;
- Niveau critique ;
- Seuil d'arrêt.

La durée de vie d'une batterie dépend de plusieurs critères, dont le nombre de cycles de charge effectué. Afin d'optimiser l'utilisation de celle-ci, les cycles de charge sont détectés par identification de la batterie (Code_Batterie) puis mémorisés afin de connaître à tout moment le nombre de cycles effectué (Batterie_En_Service()).

Une fonction Mesure_Cycle_Charge permet de tenir à jour le nombre de cycle de charge effectué par une batterie suivant les critères suivants :

- si le nombre de cycles est supérieur à 300 un message affiche " la batterie a atteint 50% de sa durée de vie" et la fonction retourne au programme principal 'Batterie OK' ;
- si le nombre de cycles est supérieur à 600, un message affiche "la batterie doit être recyclée" et la fonction retourne au programme principal 'Batterie HS' ;
- si le nombre de cycles est inférieur à 300, la fonction retourne au programme principal 'Batterie OK'.

La fonction implantée dans le microcontrôleur permettant de détecter le nombre de cycles implique les grandeurs d'entrée et de sortie données ci-dessous.

Argument d'entrée de la fonction "Mesure_Cycle_Charge":

- Code_Batterie : chaîne de caractères

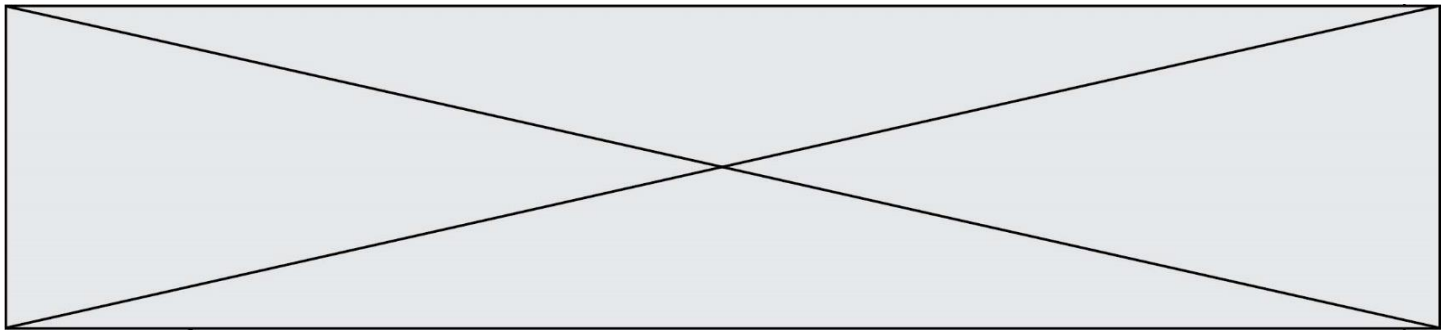
#représente le code de la batterie

Fonction du programme principal utilisé par la fonction "Mesure_Cycle_Charge"

- Batterie_En_Service() est une fonction qui prend comme paramètre d'entrée une chaîne de caractères qui représente le code de la batterie (exemple '2017_SP23') et qui renvoie pour valeur un entier qui représente le nombre de cycles qu'a subi la batterie (exemple : 500).

Question II-5 DR 4 **Compléter** le programme de la fonction "mesure_Cycle_Charge" afin que celui-ci corresponde au descriptif ci-dessus.

Une tension de 55 V est mesurée aux bornes de la batterie et Batterie_En_Service(2017_SP23) = 601



Question II-6
DR 4

Indiquer quel message retournera la fonction "mesure_Cycle_Charge".
Indiquer en quoi l'utilisateur du robot Effibot(1) sera correctement informé de l'état de charge de la batterie.

Modèle CCYC : ©DNE
Nom de famille *(naissance)* :
(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)
Prénom(s) :
N° candidat : N° d'inscription :
(Les numéros figurent sur la convocation.)
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Né(e) le : / /
1.1

DOCUMENTS RÉPONSES

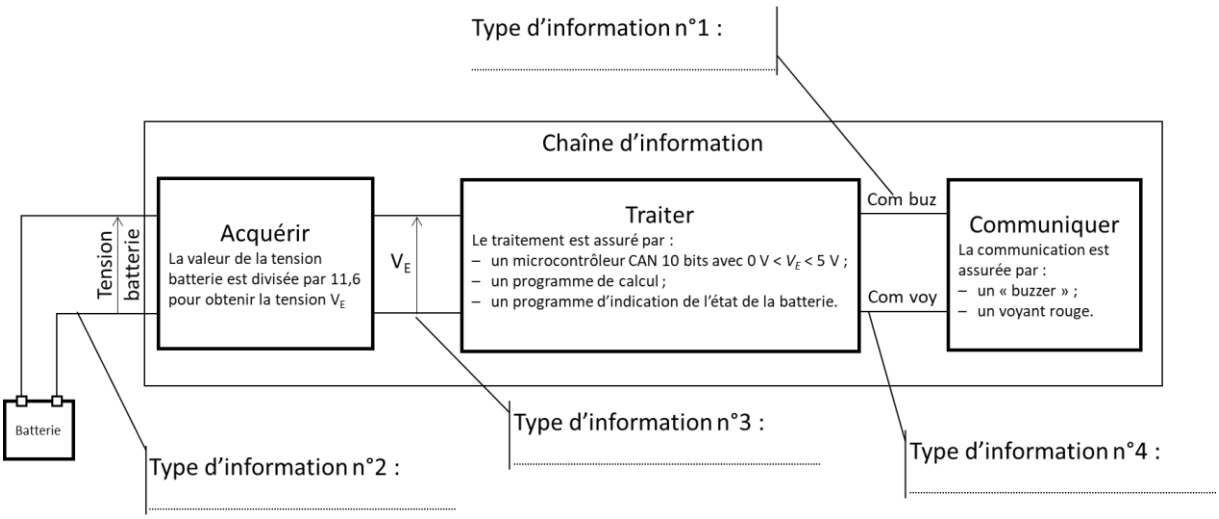
Q II – 2 - DR 1

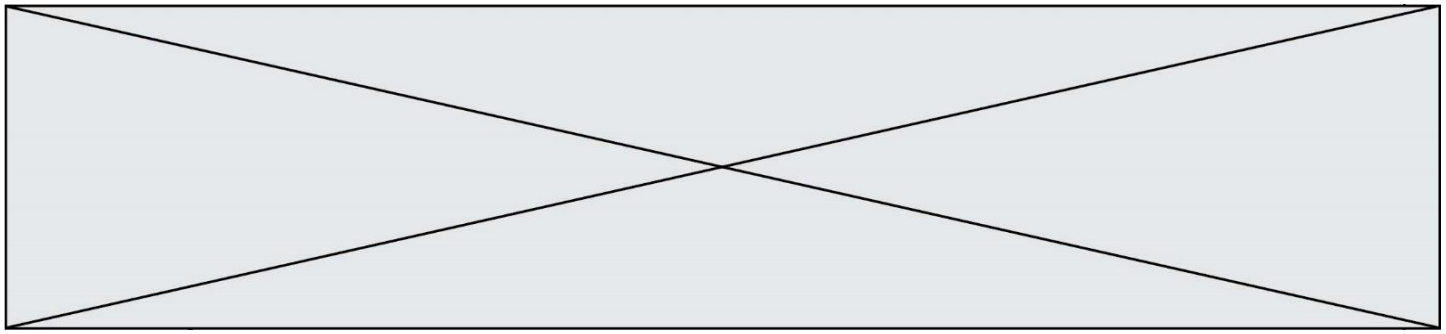
Initialisation
Bip = 0
Voyant_Rouge = ...
M = 01100100
répéter
lire Taux
si Taux =< 00011110 et Taux >
..... alors
    3_Bips(Taux)
fin si
sinon si Taux=<.....
        et Taux >.....
alors
    .....
    .....
fin si
sinon
    ..... =1

Q II – 2 DR 2

si M ....T:
.....
M=T
.....

Q II – 3 DR 3





Q II – 5 DR 4

```
fonction: Mesure_Cycle_Charge(Code_Batterie):
  Batterie_En_Service[Code_Batterie]=Batterie_En_Service[.....]+.....
   Si Batterie_En_Service[Code_Batterie]> ..... Alors
      Afficher ("la batterie a atteint 50% de sa durée de vie")
      Retourner 'batterie OK'

   Sinon Batterie_En_Service[Code_Batterie]>.....:
      Afficher ("la batterie doit être recyclée")
      Retourner '.....'
   .....
      Retourner '.....'
```