

**DS1 MPSI (2H) : Ingénierie Système / SysML /Automatique**

UN DEVOIR SURVEILLE COMMENCE TOUJOURS  
PAR LA LECTURE ENTIERE DE L'ENONCE

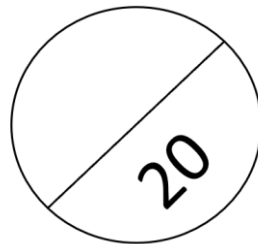
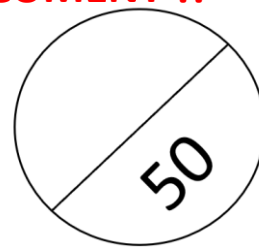
UNE ATTENTION PARTICULIERE SERA PORTEE  
SUR LA PRESENTATION ET LA LISIBILITE DES COPIES

**CALCULATRICES INTERDITES !!**  
**TOUT EST A REMPLIR SUR CE DOCUMENT !!**

**NOM :**

**PRENOM :**

**QUESTIONS DE COURS / CULTURE TECHNOLOGIQUE :**



**1) Décrire le fonctionnement des capteurs suivants (grandeur mesurée, principe physique, fonctionnement, ... penser à faire un SCHEMA CLAIR !)**

- Capteur potentiométrique circulaire

- Codeur incrémental

- 2) Comment fonctionne un accéléromètre ? Appuyez-vous sur un **schéma** pour expliquer son fonctionnement
- 3) Expliquer comment fonctionne un vérin (éléments principaux, type d'alimentations possibles, fonctionnement, **SCHEMAS...**)
- 4) Expliquer comment fonctionne un Moteur à Courant Continu (éléments principaux, phénomène physique, fonctionnement, **SCHEMAS...**)

## Exercice 1 : Performances d'un système asservi

### A. Asservissement en position

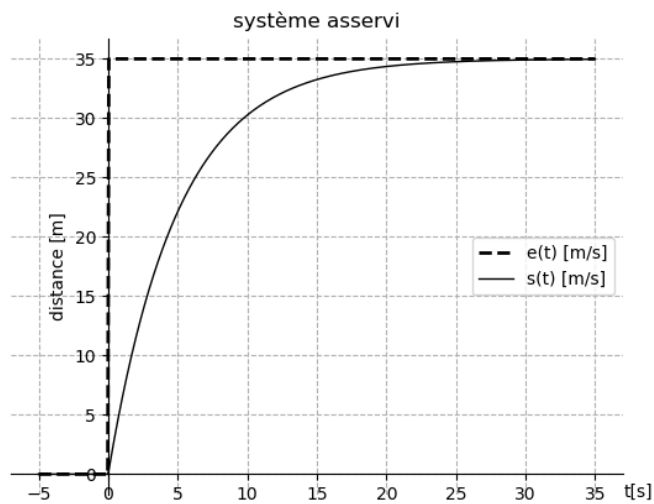
Le cahier des charges d'un asservissement en position est proposé ci-dessous.

- Cahier des charges \_\_\_\_\_

Critères	Niveaux
Stabilité	Le système doit être stable
Précision	Erreur statique inférieure à 5%
Rapidité	Temps de réponse à 5% inférieur à 20s
Dépassement	Premier dépassement inférieur à 10%

Ce système est soumis à une consigne en échelon. La réponse temporelle de cet essai est proposée ci-dessous.

**Q1 :** Le système satisfait-il au cahier des charges proposé ? (A justifier).



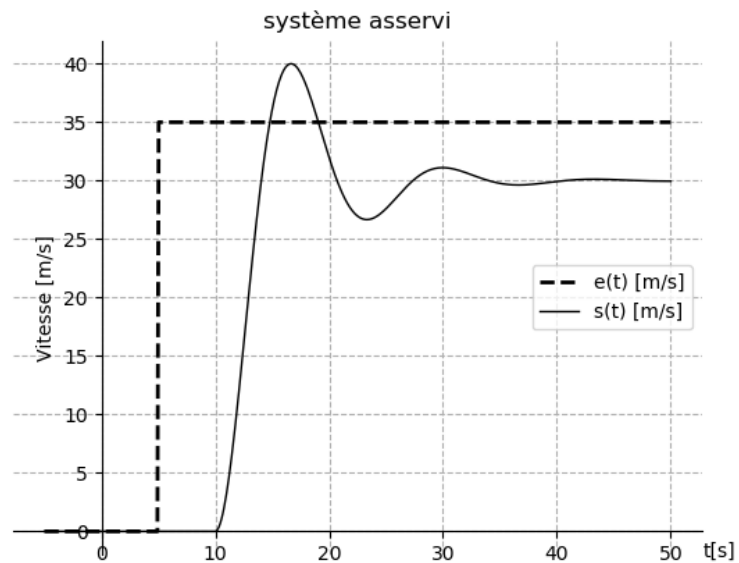
## B. Asservissement en vitesse

Le cahier des charges d'un asservissement en vitesse est proposé ci-dessous.

- Cahier des charges -

Critères	Niveaux
Stabilité	Le système doit être stable
Précision	Erreur statique inférieure à 10%
Rapidité	Temps de réponse à 5% inférieur à 25 s
Dépassement	Premier dépassement inférieur à 20%

Ce système est soumis à une consigne en échelon. La réponse temporelle de cet essai est proposée ci-dessous.



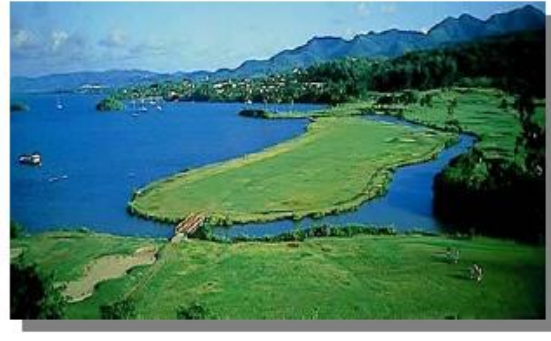
**Q2 :** Le système satisfait-il au cahier des charges proposé ? (A justifier).

## Exercice 2 : Chariot de golf

### A. ANALYSE DU BESOIN

#### Le terrain

Le terrain de golf est constitué d'un parcours comprenant de 9 à 18 trous, que le golfeur doit parcourir successivement. La distance totale effectuée pour 18 trous est d'environ 8 km et le temps de jeu d'environ 4h.



Ce parcours peut être plus ou moins accidenté selon le profil du terrain : Il comporte des pentes plus ou moins abruptes, une zone roulante appelée « fairway » où l'herbe est tondue courte et une zone d'herbe plus haute appelée « rough ». Selon la saison, le sol est sec ou boueux.

#### Le matériel de golf :



**SAC**



**FERS**



**BOIS**



**Putter**

L'ensemble des clubs nécessaires (maximum de 14) ainsi que le sac permettant de les ranger représente un poids d'environ 20 kg

#### Le joueur

Il doit parcourir les 18 trous en transportant tout son matériel dans les différentes zones du terrain, ce qui correspond pour un joueur moyen à une centaine de coups effectués donc une centaine d'arrêts pour poser et reprendre son sac.

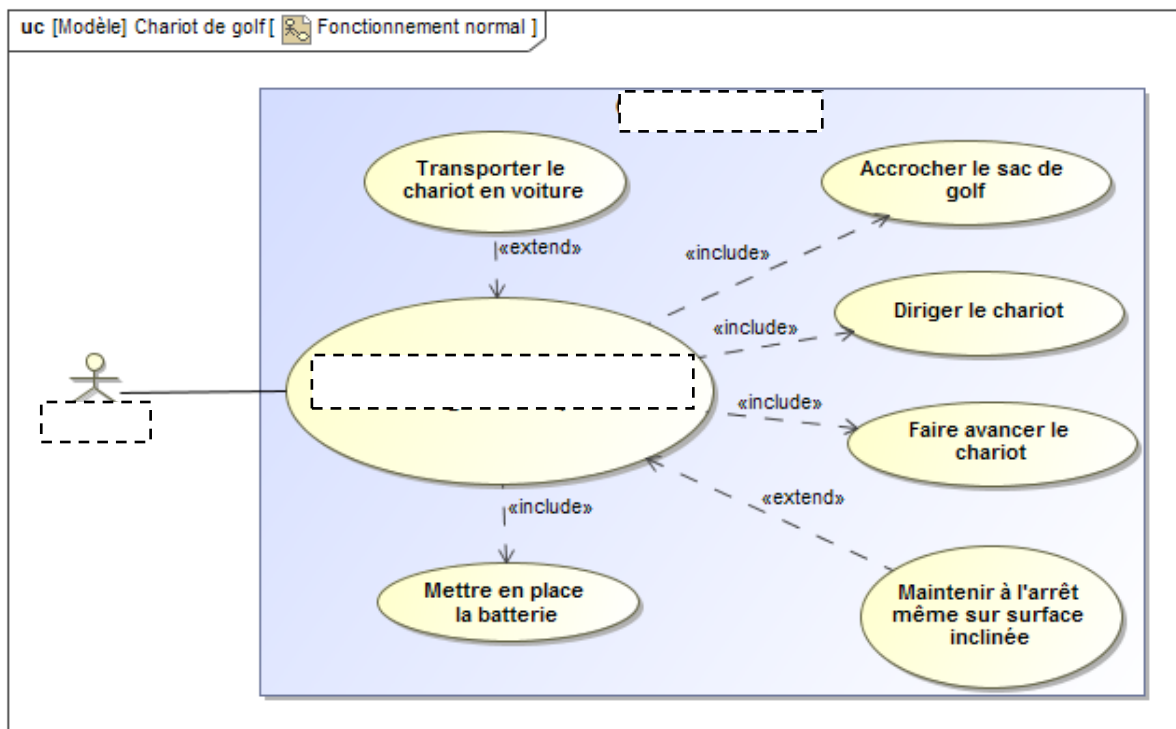
Le golf est un sport qui nécessite beaucoup de concentration, d'adresse, et un bonne condition physique. Afin de permettre au joueur d'économiser le maximum d'énergie, le transport du matériel est assuré par un chariot à propulsion manuelle ou électrique.

Suite à une étude de marché européen, un potentiel de vente de 6000 chariots /an est assuré en respectant un prix de vente très concurrentiel.

**Problématique.**

Transporter sans effort sur 2 parcours de golf de 18 trous vallonnés secs ou boueux (12 à 15 Km) un sac de golf de 20 kilos à l'aide d'un **véhicule à énergie électrique embarquée**.

**Q1 :** Compléter le diagramme des cas d'utilisation suivant :



**Q2 :** Quelle différence y-a-t-il entre les liens d'inclusion et les liens d'extension ?

**Q3 :** Donner deux autres cas d'utilisation conjoncturels réalisables par l'utilisateur principal qui ne soient pas décrits dans le diagramme précédent.

-

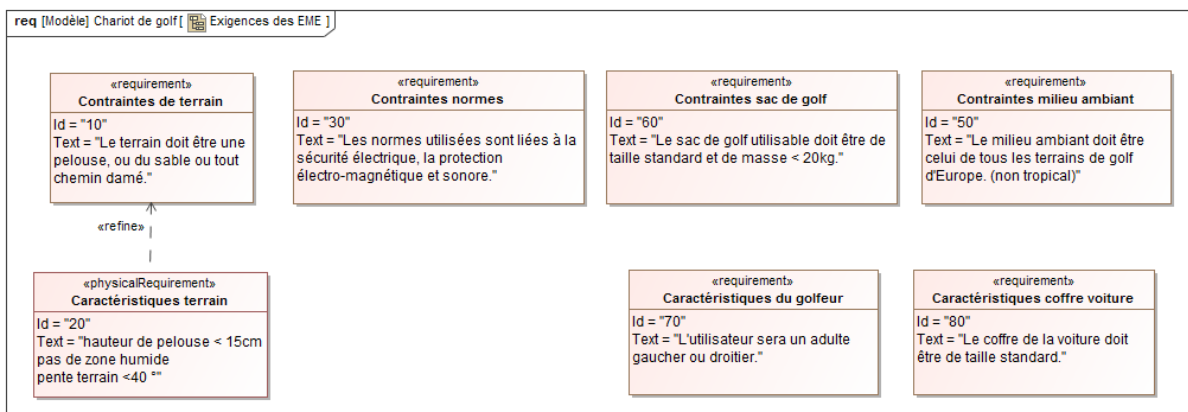
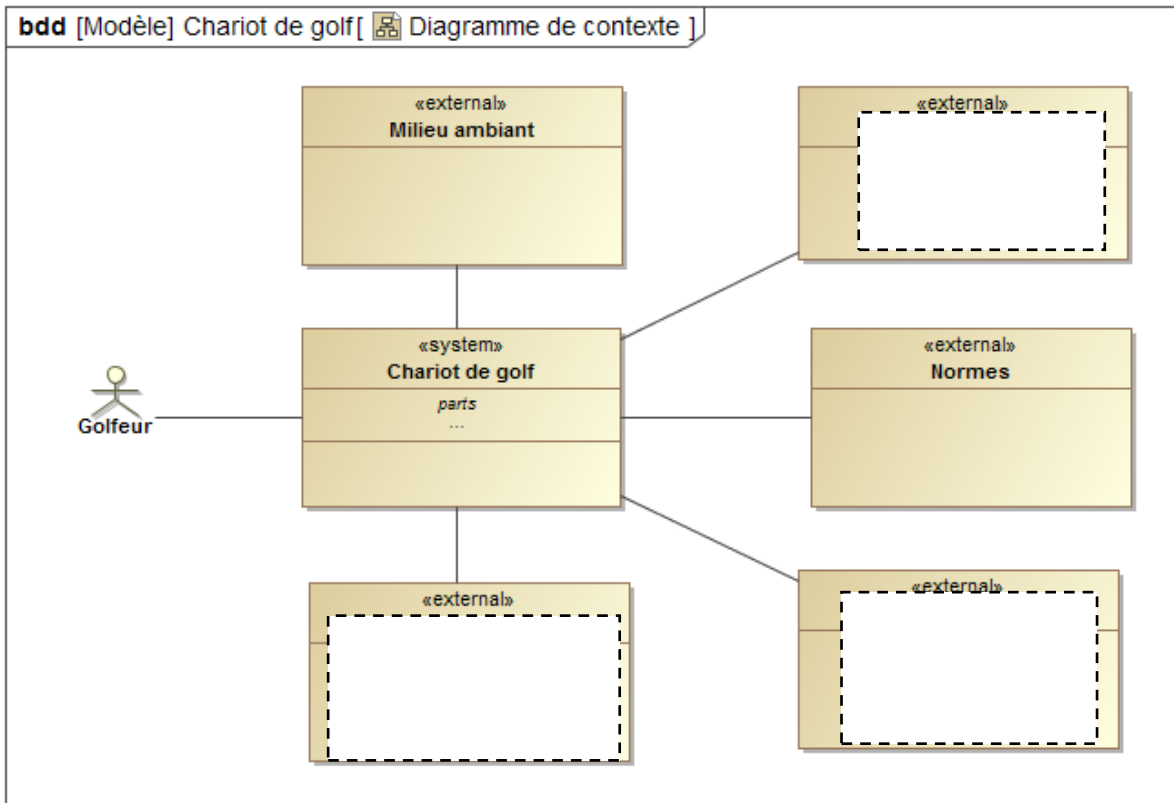
-

## B. ANALYSE FONCTIONNELLE EXTERNE :

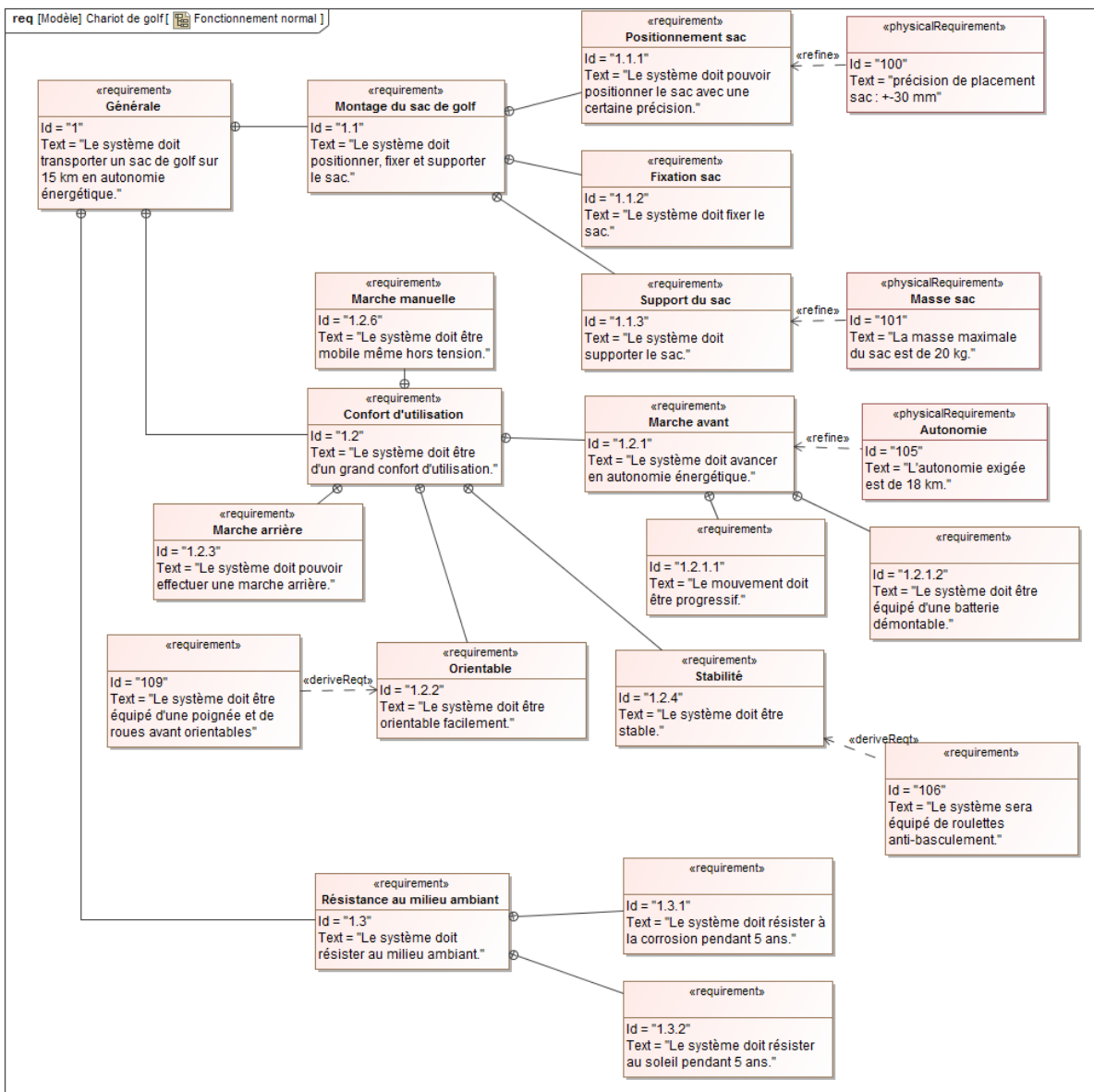
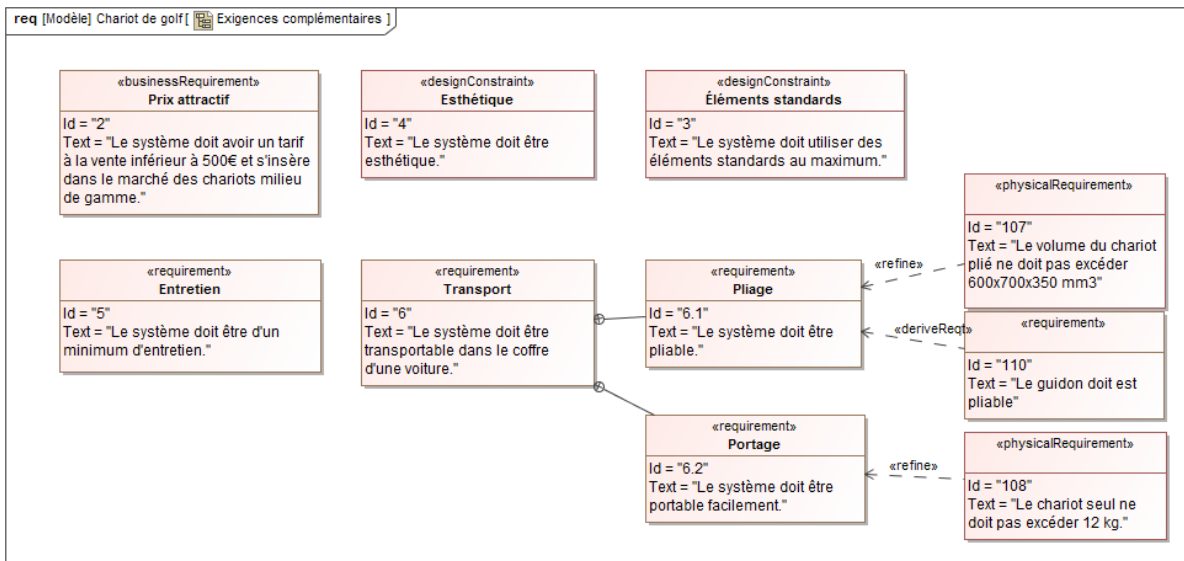
**Q4 :** L'analyse fonctionnelle externe s'intéresse à (cocher la bonne réponse) :

- Etudier les composants du produit
- Etudier les relations du produit avec son environnement extérieur

**Q5 :** Compléter le bdd (diagramme de contexte) ci-dessous en tenant compte de l'ensemble des cas d'utilisation du diagramme des cas d'utilisation précédent.



### C. Analyse fonctionnelle interne





**Q6 :**

- Un chariot de 12,8 kg, batterie de 2kg comprise, respecte-t-il l'exigence correspondante ? Justifier.
- On désire ajouter une exigence physique « physical requirement » contenant les exigences sur la vitesse de déplacement du chariot :  $V_{\text{mini}}=1$  km/h et  $V_{\text{maxi}}=8$  km/h. Placer cette exigence sur le diagramme précédent.
- Un chariot ayant une vitesse maxi de 2,5 m/s respecte-t-il le critère précédent ? Justifier.

**D. UNE REPONSE INDUSTRIELLE AU BESOIN :**

**Le chariot Electrolem 120 C** est un chariot électrique alimenté par une batterie permettant le transport d'un sac de golf sans efforts sur un parcours même accidenté.

Pliable, l'**Electrolem 120 C** pèse seulement 9,7 kg grâce à sa structure en acier émaillé au four, sobre et solide.

Ce chariot, d'une nouvelle génération, est doté des dernières technologies. Son électronique gérée par microprocesseur offre souplesse et sécurité.

Un démarrage progressif assure un confort de conduite. La vitesse est réglable et mémorisée à chaque fois que le contacteur marche/arrêt est actionné.

En cas de blocage de la roue ou surchauffe du moteur, le chariot est protégé par une sécurité électronique. Les roues avant sont réglables pour assurer un déplacement en parfaite ligne droite. Elles sont également autonettoyantes.

**Caractéristiques générales**

Batterie DRYFIT A500C 24Ah + Chargeur automatique  
Roues EVA  
Pliage / dépliage automatique  
Suspension sur train avant réglable  
Electronique géré par microprocesseur  
Témoin sonore et lumineux de gestion de la batterie  
Potentiomètre à découpage numérique  
Mémorisation de la vitesse réglable  
Touche d'éloignement automatique  
Remise à zéro automatique en déconnectant la batterie  
Sécurité : tension de la batterie inférieure à 11 V  
Coupure automatique  
Connexion avec détrompeur : batterie -chariot - chargeur  
Manuel d'instruction et de service en 70 pages  
**OPTION** : frein électronique Version RE équipé avec batterie 30 ou 40 Ah





Le chariot de golf est un véhicule avec énergie embarquée. L'alimentation en énergie est assurée par un accumulateur ( batterie) de 24 Ah et une tension de 12 V.

La motorisation est constituée d'un moto réducteur à roue et vis sans fin transmettant le mouvement aux roues. Pour effectuer les virages, les roues comportent des roues libres.

Le châssis repliable comporte un berceau permettant de recevoir le sac de golf immobilisé par des lanières.

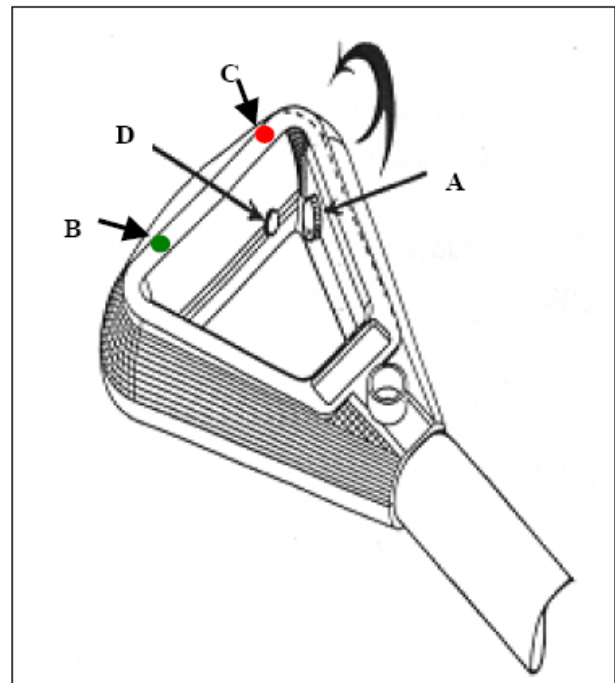
Le pilotage est assuré par une carte de commande située dans la poignée et une carte puissance située dans un boîtier sous la batterie. Le bouton poussoir D, logé dans la poignée permet la mise en marche et l'arrêt du système. Le potentiomètre A permet de faire varier la vitesse du chariot.

Au démarrage, la vitesse augmente progressivement jusqu'à atteindre la vitesse de consigne déterminée par la position du potentiomètre.

Ce départ en « douceur » géré par un microcontrôleur situé dans la poignée de commande, permet une meilleure synchronisation avec le déplacement de l'utilisateur et une économie de l'énergie.

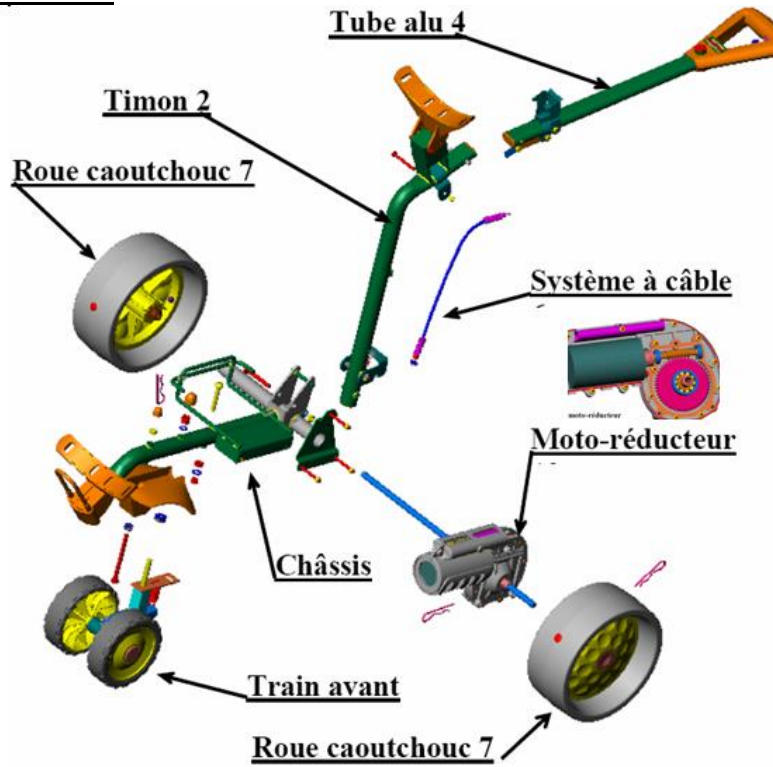
Il est toujours possible, en cours d'utilisation, d'augmenter ou de réduire la vitesse du chariot (voire la possibilité de compenser la vitesse en cas de passage abrupt).

La charge de la batterie est contrôlée à chaque démarrage du chariot. L'utilisateur est averti du taux de décharge par des bips successifs de courtes durées et des LED témoins.

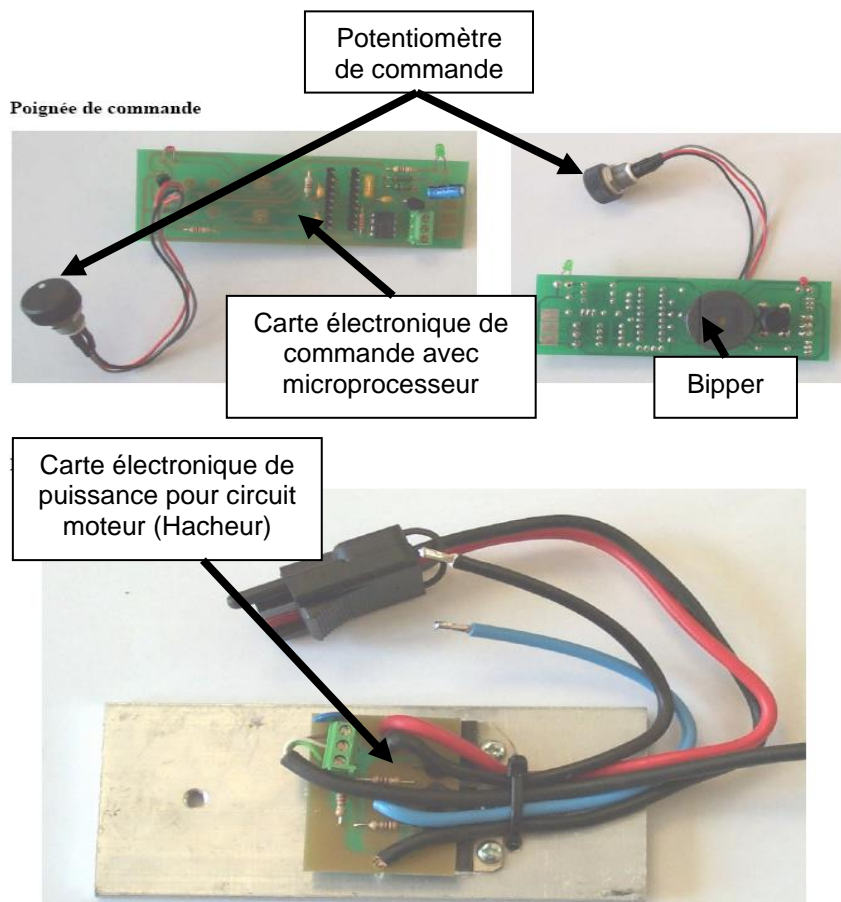


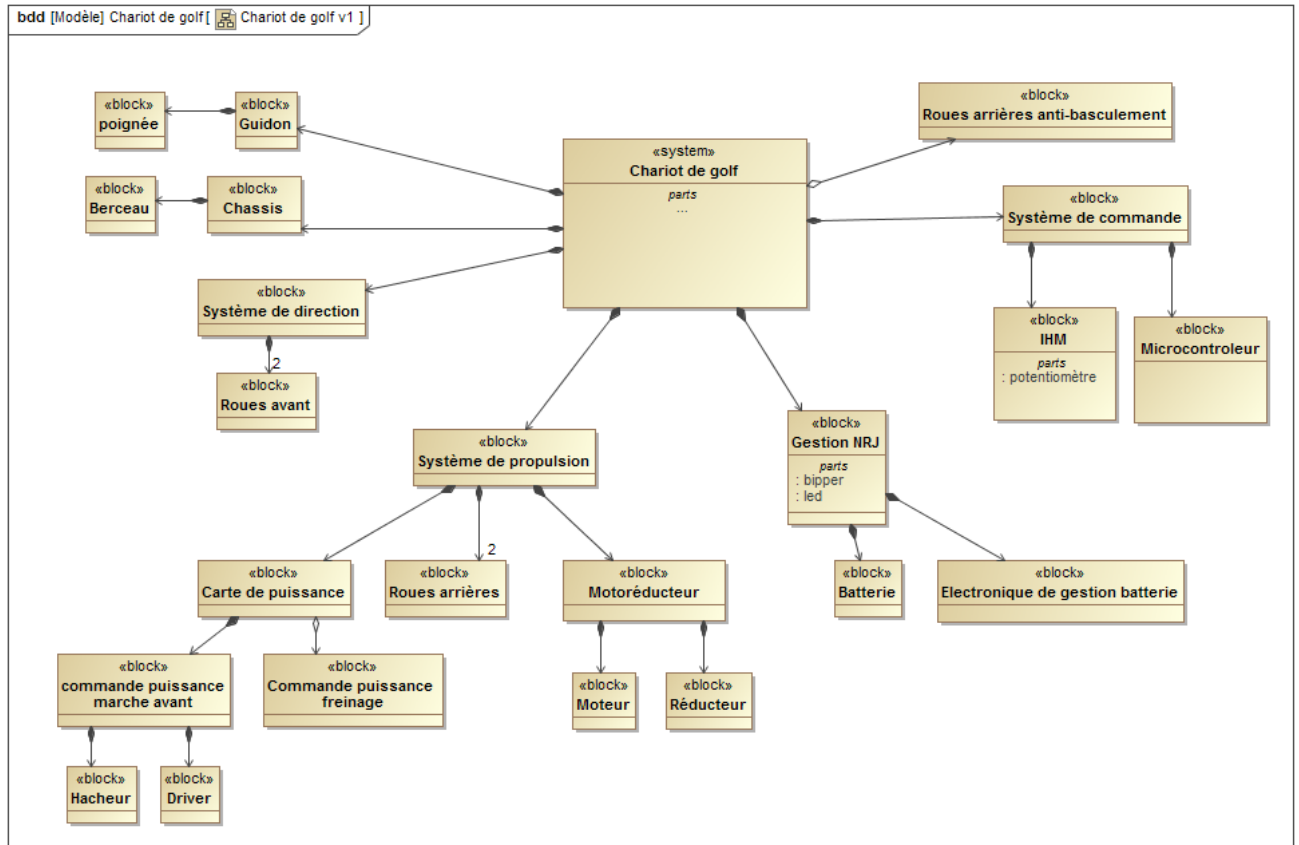
Lorsque la tension de la batterie atteint une valeur trop faible ou que la température du circuit de l'électronique de puissance s'élève, le chariot s'arrête et 4 bips avertissent l'utilisateur.

**ECLATE DU CHARIOT :**



**COMPOSANTS ELECTRONIQUES ET ROLE :**



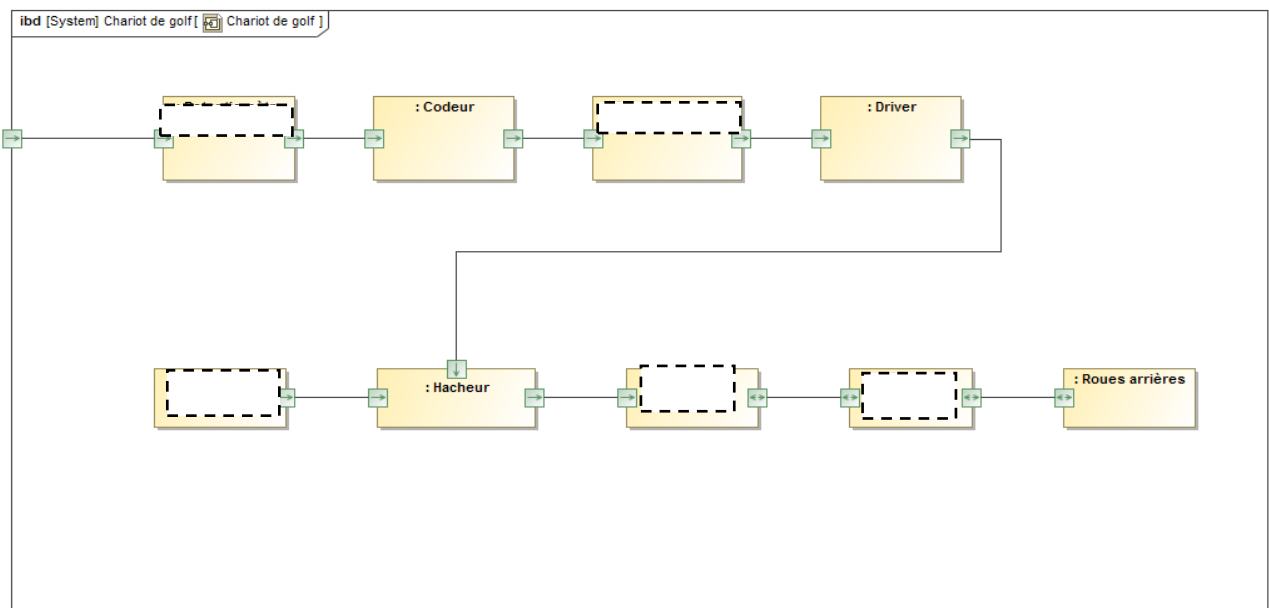


**Q7 :** A partir du bdd, expliquer pourquoi les roues arrières anti basculement ne sont pas sur l'éclaté du chariot page précédente. Placer le bloc « Système de propulsion » sur le diagramme des exigences avec le lien correspondant.

### 2-6-4-4 Détail du cycle de commande

1. Connexion de la batterie au chariot : on procède à l'alimentation du moteur en 12 V, de la partie commande en 5V, et le chariot ne démarre pas.
  2. Appui sur bouton poussoir « Marche Arrêt » de la poignée
  3. Le micro contrôleur de la PC :
    - 3.1 prend en compte la demande.
    - 3.2 Teste le taux de charge de la batterie et envoi 1, 2, 3 signaux au système d'alarme sonore situé dans la poignée pour avertir le golfeur.
    - 3.3 Vient lire la valeur de consigne de vitesse proposée par le golfeur par l'intermédiaire du potentiomètre.
    - 3.4 Converti cette valeur de consigne en valeur numérique  $V_{cons}$  par conversion analogique numérique.
    - 3.5 Détermine une rampe de démarrage en fonction du temps à partir de la valeur 0 jusqu'à la valeur  $V_{cons}$
    - 3.6 Génère le signal de commande du moteur correspondant.
  4. Le moteur démarre et accélère progressivement jusqu'à la vitesse demandée.
  5. Ensuite, la vitesse du moteur se stabilise, augmente ou diminue suivant le profil du terrain et les consignes successives transmises par le golfeur tant qu'un arrêt n'est pas demandé.
  6. Lors d'un arrêt demandé, le micro contrôleur enregistre la valeur numérique  $V_{cons}$  de la dernière consigne de vitesse et génère le signal d'arrêt du moteur.
  7. Lors d'une nouvelle action sur Le bouton poussoir « Marche Arrêt », le cycle de traitement de l'information (étapes 3.1 à 3.6) recommence.
- Déconnexion de la batterie, le système n'est plus alimenté.

## E. ANALYSE STRUCTURELLE :



**Remarque :** l'ibd partiel du chariot présenté ci-dessus ne présente que la chaîne d'information et de puissance associée à la propulsion.

### Q8 :

- À partir des informations fournies du chariot de golf ELECTROLEM 120C, compléter l'ibd.
- Préciser, pour la chaîne d'énergie, à chaque entrée et sortie de constituant le type d'énergie.
- Placer sous chaque constituant la fonction associée (le nom de la boîte !!).
- Préciser la ou les grandeurs physiques acquises par le système.

## **Exercice 3 (MPSI) : Robot tondeur RL 500**

### **I. Présentation du système**

La tonte d'une pelouse est une opération fastidieuse et répétitive qui ne nécessite pas une qualification élevée de la part de l'utilisateur.

La tondeuse électrique autonome robot RL 500 est capable d'effectuer la tonte de la pelouse avec un minimum d'intervention de la part de l'utilisateur. Cette intervention se limite à une phase de préparation, effectuée une fois pour toutes, et à une phase de mise en service, effectuée à chaque tonte.

Dans la phase de préparation, on délimite la surface à tondre à l'aide d'un conducteur électrique périmétrique posé et fixé au niveau sol afin de créer une frontière magnétique, puis on initialise les paramètres de la tondeuse. Cette initialisation consiste principalement à caler une boussole électronique dans la direction du nord géographique.

Dans la phase de mise en service, l'utilisateur dispose la tondeuse sur la pelouse, fixe la durée de la tonte et démarre la tondeuse. Lorsque la tonte automatique est terminée, il conduit éventuellement la tondeuse vers les zones restantes afin de les tondre en mode manuel puis il range la tondeuse et met la batterie en charge.

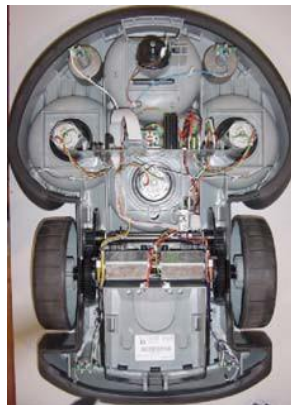
#### *Limites d'utilisation :*

Cette tondeuse ne convient pas à l'entretien d'une pelouse dont la superficie dépasse 500 m<sup>2</sup>, dont les déclivités dépassent 15°, dont les creux ou les bosses trop accentués risquent de provoquer le patinage des roues motrices.

Les conditions idéales d'utilisation correspondent à une tonte régulière d'une pelouse de forme simple, déjà bien entretenue, et dans une région dont le climat n'est pas trop humide.



*Vue de dessus avec carter supérieur*



*Vue de dessus sans carter supérieur*



*vue de dessous*

## II. Description du fonctionnement

### Commandes au boîtier

Un boîtier de commande détachable est situé sur le carter supérieur, il permet :

- l'initialisation géographique de la boussole électronique. Cette opération est effectuée à la première mise en service,
- l'arrêt d'urgence,
- la tonte en commande manuelle à l'aide d'un pavé directionnel.



### Délimitation de la zone à tondre

Le périmètre de la pelouse est délimité par un fil conducteur semi-enterré, formant une boucle, et relié à un boîtier d'alimentation alimenté par piles.

Le boîtier d'alimentation fournit un courant haute fréquence au conducteur périmétrique ce qui permet la détection du signal par un des quatre détecteurs embarqués dans la tondeuse.

Les zones à ne pas tondre (parterres de fleurs, allées, etc.) sont délimitées de la même manière par le conducteur périmétrique. Les obstacles "rigides" (arbres, bordures, murets, ...) sont détectés par un des trois capteurs de contact situés dans les "pare-chocs" avant et arrière de la tondeuse.

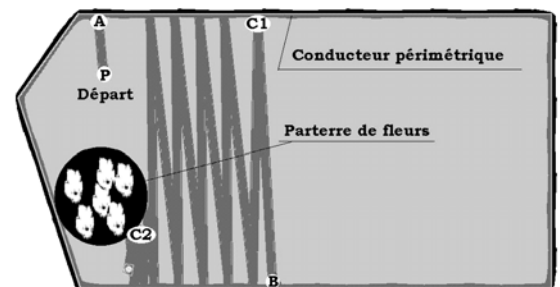
### Stratégie de tonte

1) Tâche d'orientation T1 : l'opérateur ayant posé la tondeuse au sol en un point P quelconque de la parcelle, puis appuyé sur le bouton de démarrage, la tondeuse pivote autour d'un axe vertical dans le sens direct, et s'oriente vers le nord géographique à l'aide de la boussole électronique.

2) Tâche de recherche et de suivi de fil T2 : la tondeuse avance ensuite vers le nord jusqu'à ce qu'elle rencontre le conducteur périmétrique (point A).

Elle pivote dans le sens direct, et suit le conducteur périmétrique afin de tondre le pourtour de la parcelle.

Lorsqu'elle a bouclé un tour et demi (point B), elle pivote vers l'intérieur de la parcelle et commence un cycle de tonte en "zig-zag".



3) Tâche de tonte en "zig-zag" T3 : à chaque fois que la tondeuse rencontre le conducteur périmétrique (point C1) ou un obstacle (point C2), elle s'arrête, pivote autour d'un axe vertical d'environ 5 degrés, et repart en sens inverse.

4) Tâche de pivotement de 60 degrés T4 : si un pivotement de 5 degrés lors de la tâche T3 l'amène à sortir du périmètre, la tondeuse pivote sur elle-même de 60 degrés et repart pour un nouveau cycle de tonte en "zig-zag".

## Coupe, motorisation, et alimentation en énergie

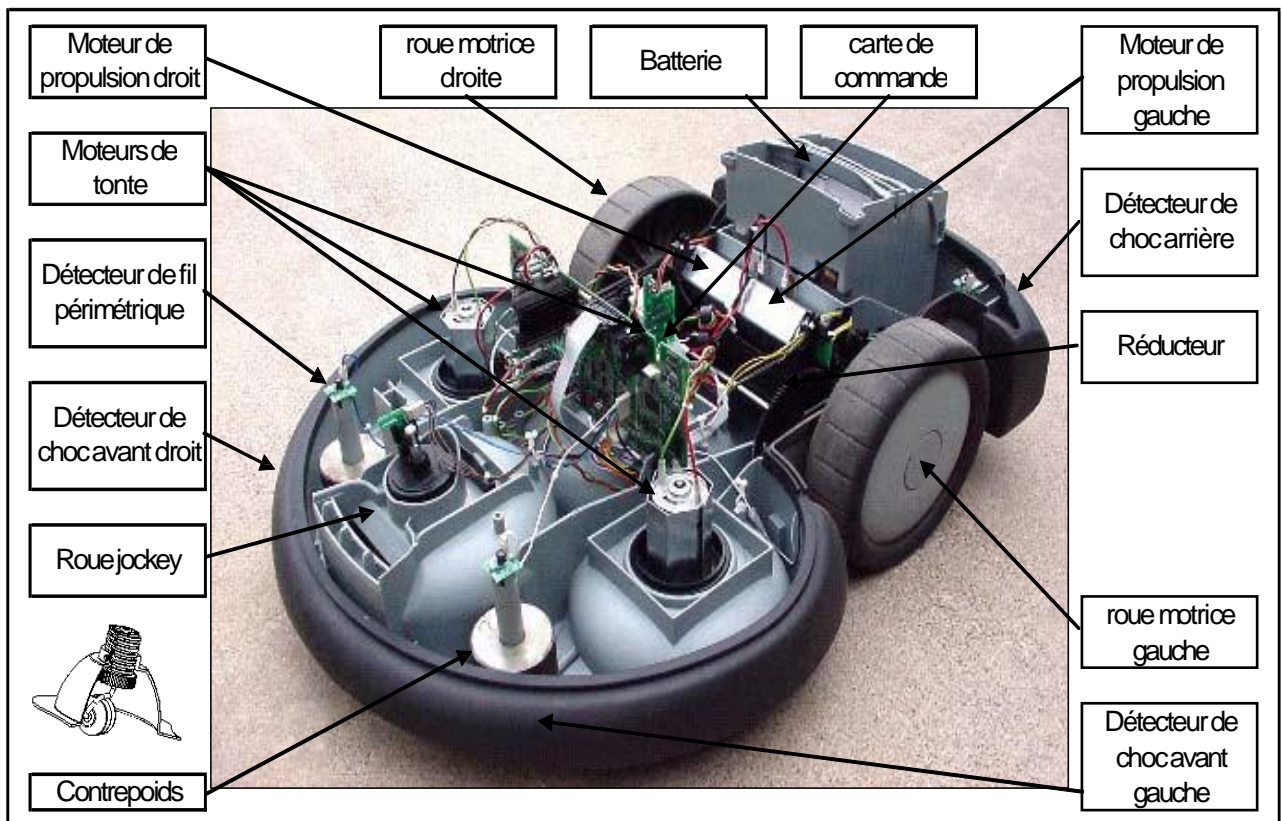
Le système de coupe est constitué de trois lames cinématiquement indépendantes, entraînées en rotation autour d'un axe vertical par trois moteurs identiques.

La roue avant porteuse est libre en rotation autour d'un pivot vertical et suit les changements de direction de la tondeuse. Elle est réglable en hauteur et comporte un capteur de rupture de contact au sol qui stoppe les moteurs en cas de soulèvement intempestif.

Les deux roues motrices sont situées à l'arrière. Elles sont montées sur un berceau réglable en hauteur. Chacune de ces deux roues est entraînée indépendamment de l'autre par un moteur à courant continu à travers un réducteur de vitesse à engrenages. Les cinq moteurs sont identiques (réf HC971) et l'électronique de puissance est intégrée à la carte de commande.

Le changement de direction est obtenu grâce à une différence de rotation des deux roues arrières. La position angulaire de chaque roue est connue grâce à un capteur. Chacun des deux capteurs est constitué d'un disque lié à l'arbre moteur, comportant deux aimants diamétralement opposés, tournant devant un détecteur magnétique.

L'alimentation en énergie du système est assurée par une batterie au plomb rechargeable sur le secteur.





**Q1 :** Remplir la chaîne d'information et de puissance du système étudié (attention, ici, il y a 2 chaînes de puissance, pour la coupe de l'herbe et une pour la mobilité du système)

