

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

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

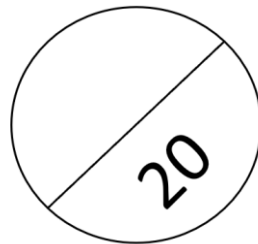
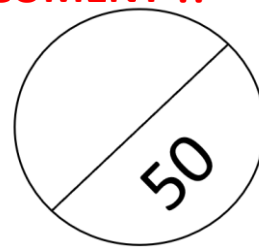
UNE ATTENTION PARTICULIERE SERA PORTEE  
SUR LA PRESENTATION ET LA LISIBILITE DES COPIES

**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

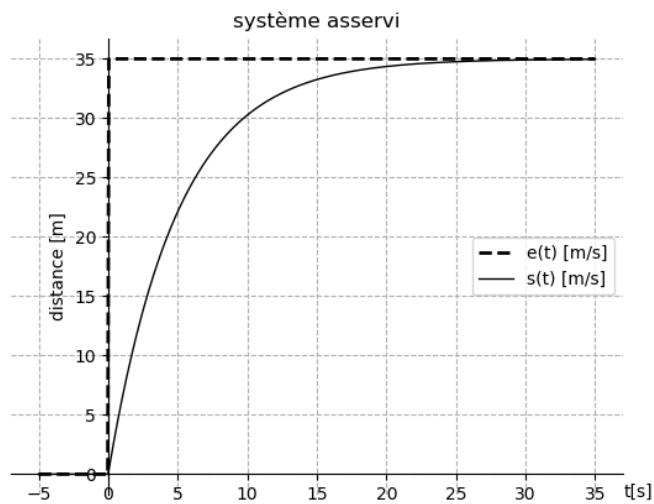
Le cahier des charges d'un asservissement en position est proposé ci-dessous.

- 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).



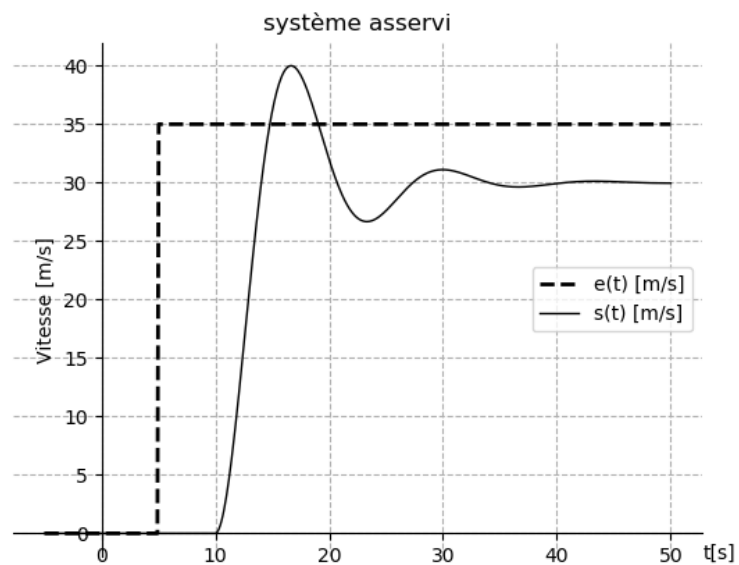
## B. Asservissement en vitesse

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**



**Putteur**

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.

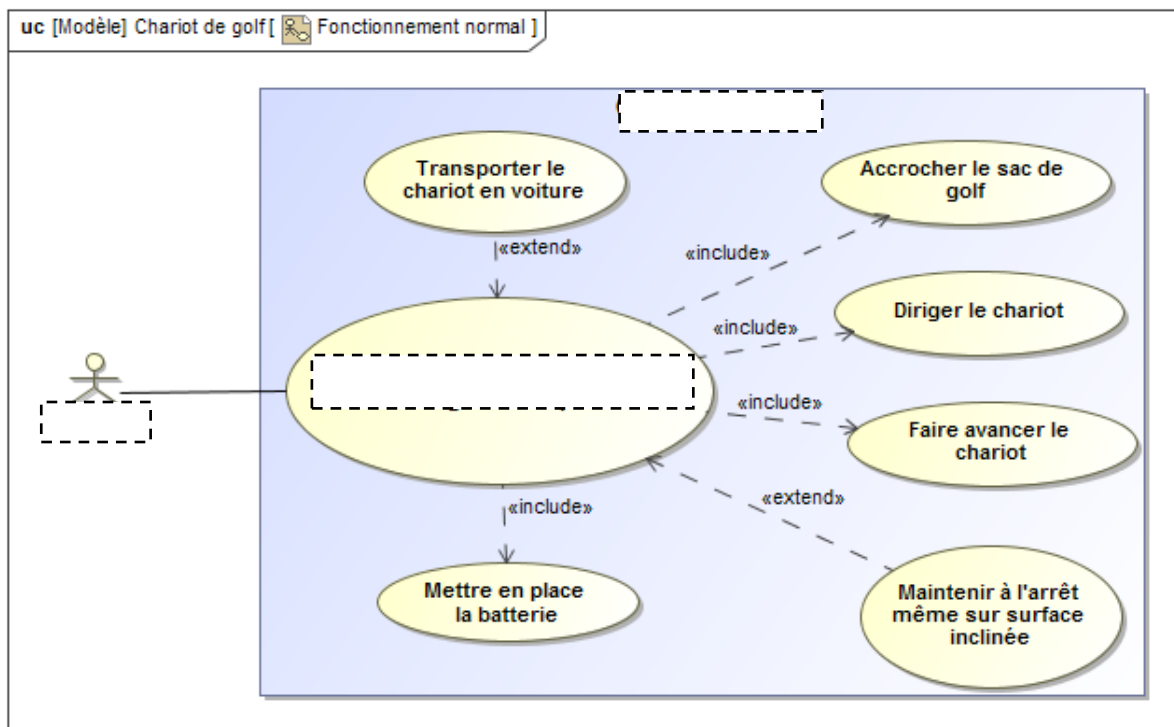
Le golf est un sport qui nécessite beaucoup de concentration, d'adresse, et une bonne condition physique. Afin de permettre au joueur d'économiser le maximum d'énergie, le transport du matériel est assuré par un chariot à propulsion manuelle ou électrique.

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.

-

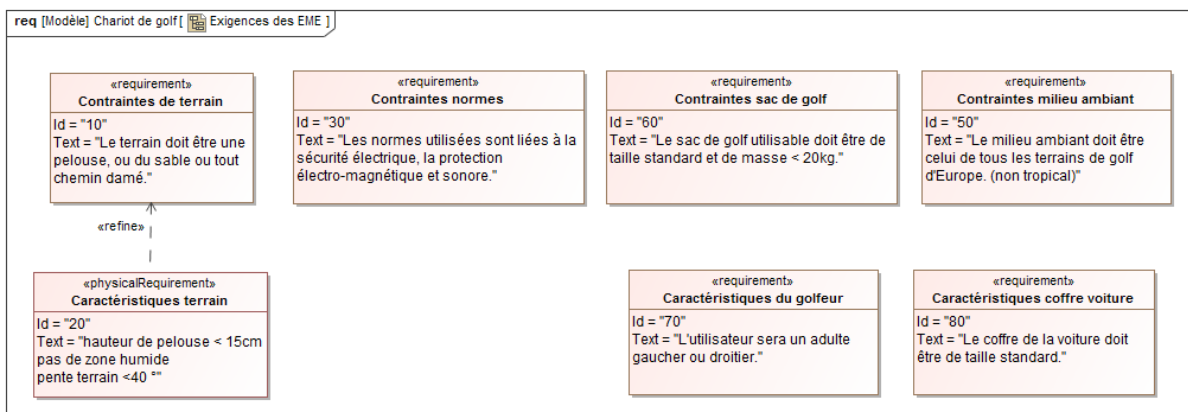
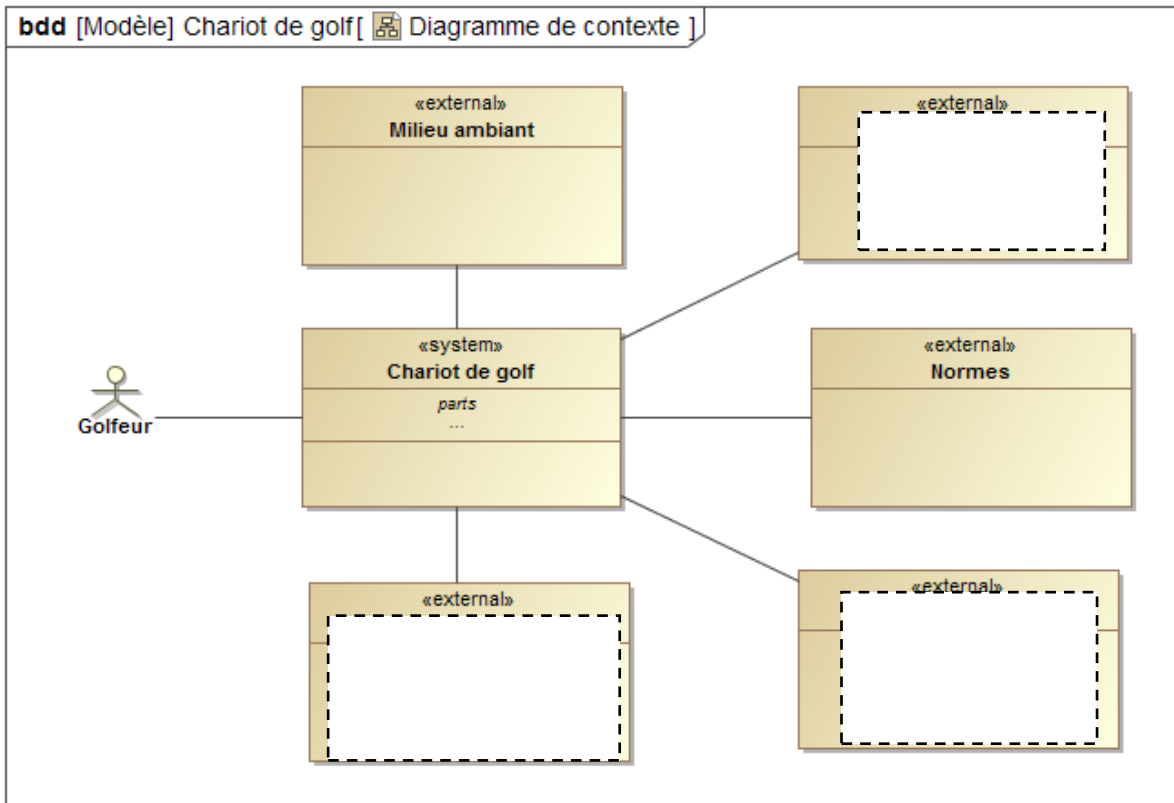
-

## B. ANALYSE FONCTIONNELLE EXTERNE :

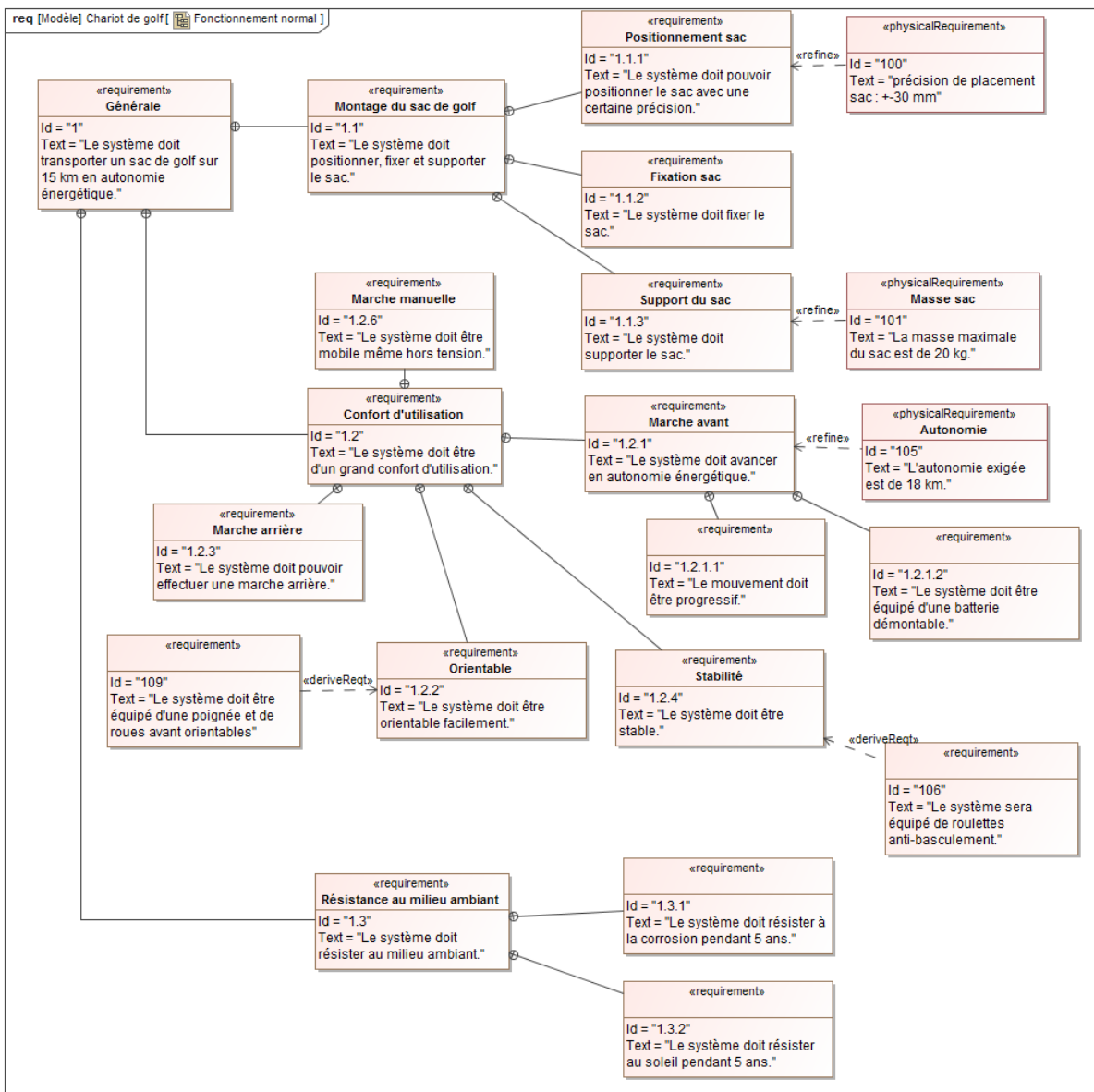
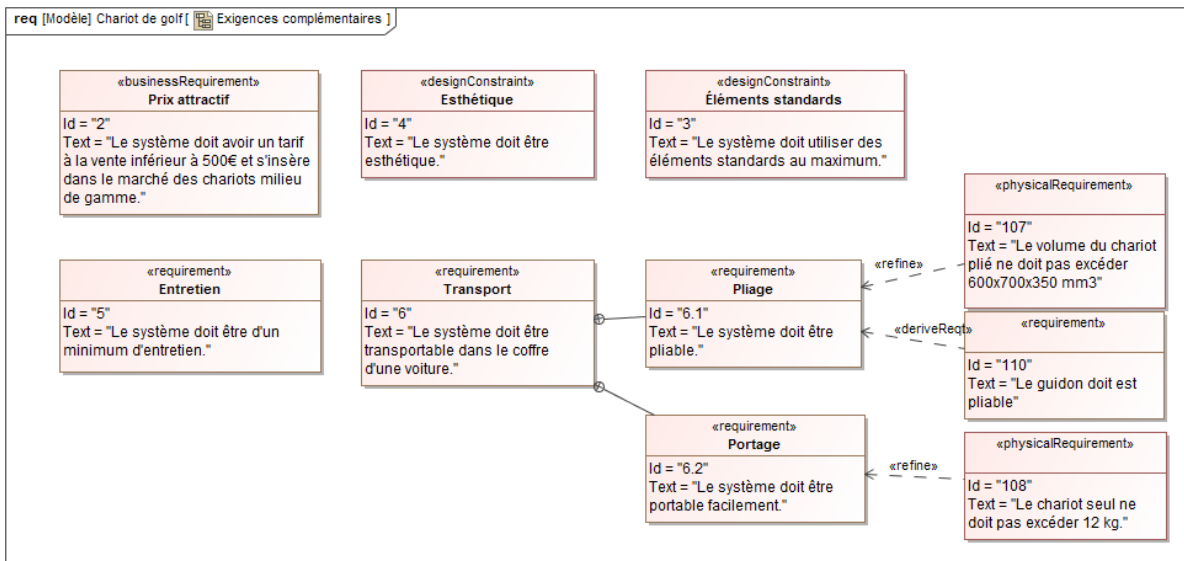
**Q4 :** L'analyse fonctionnelle externe s'intéresse à (cocher la bonne réponse) :

- 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.



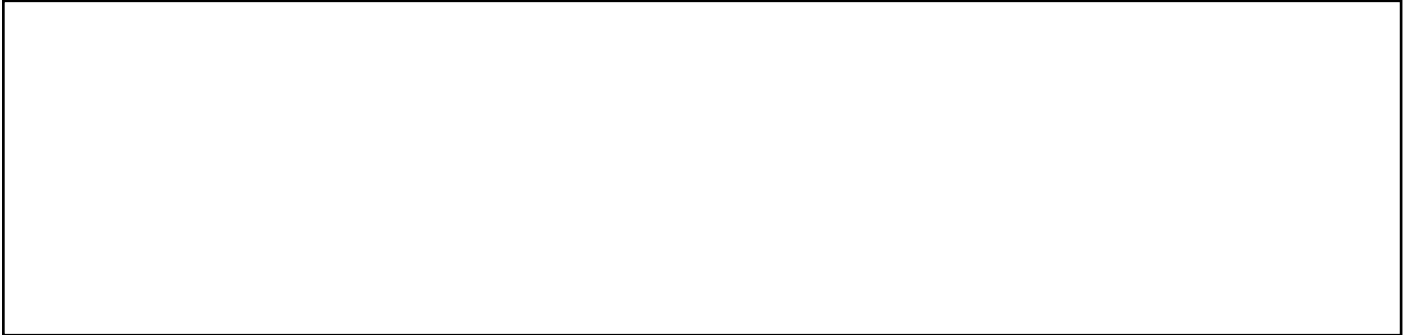
## C. Analyse fonctionnelle interne





**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.

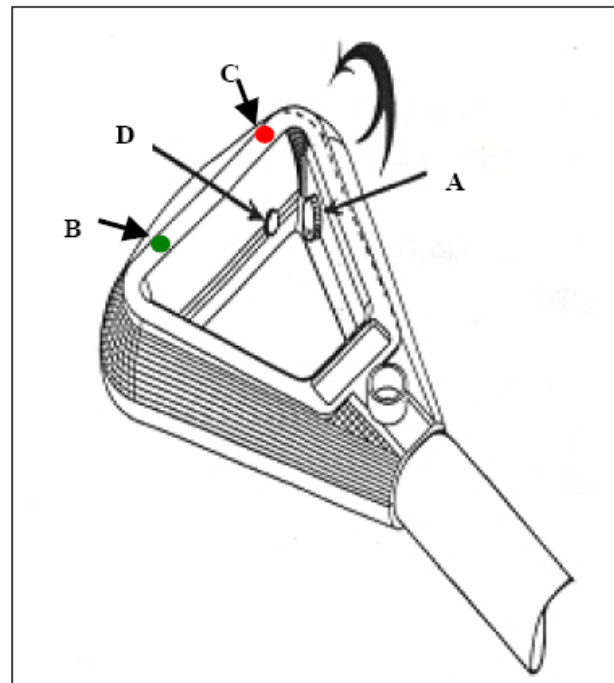
Le pilotage est assuré par une carte de commande située dans la poignée et une carte puissance située dans un boîtier sous la batterie. Le bouton poussoir D, logé dans la poignée permet la mise en marche et l'arrêt du système. Le potentiomètre A permet de faire varier la vitesse du chariot.

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.

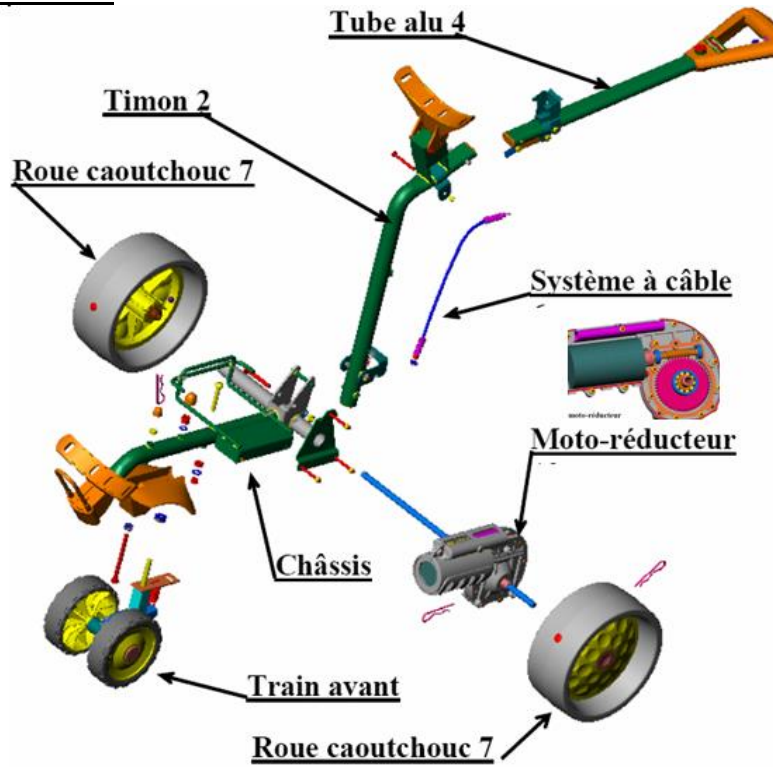
Il est toujours possible, en cours d'utilisation, d'augmenter ou de réduire la vitesse du chariot (voire la possibilité de compenser la vitesse en cas de passage abrupt).

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.

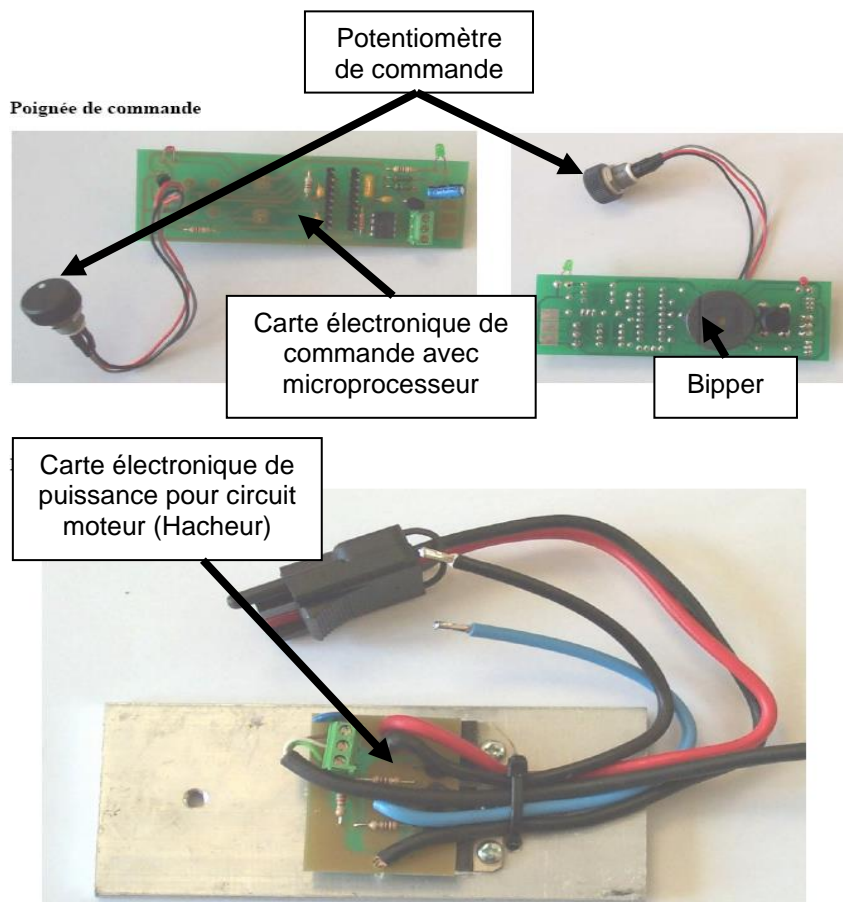


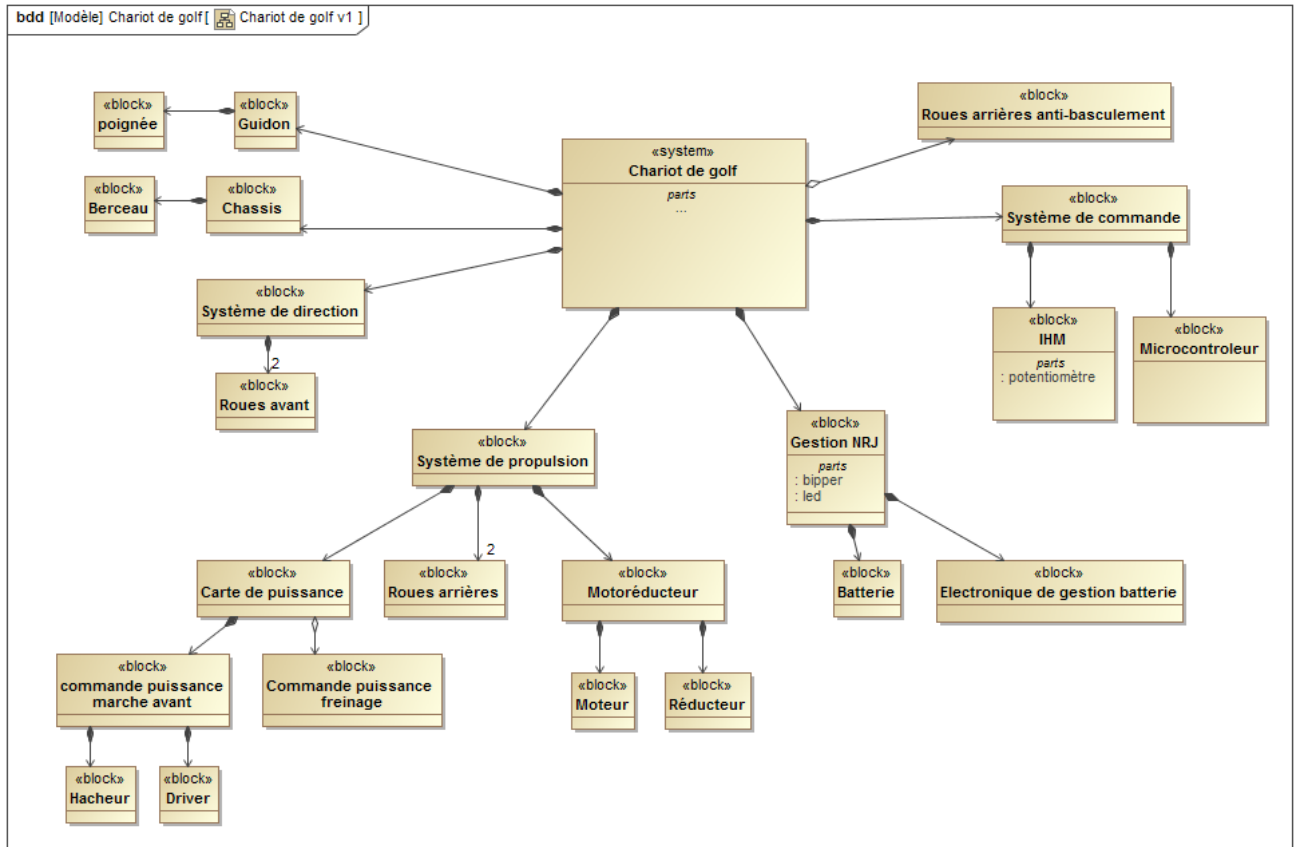
Lorsque la tension de la batterie atteint une valeur trop faible ou que la température du circuit de l'électronique de puissance s'élève, le chariot s'arrête et 4 bips avertissent l'utilisateur.

**ECLATE DU CHARIOT :**



**COMPOSANTS ELECTRONIQUES ET ROLE :**





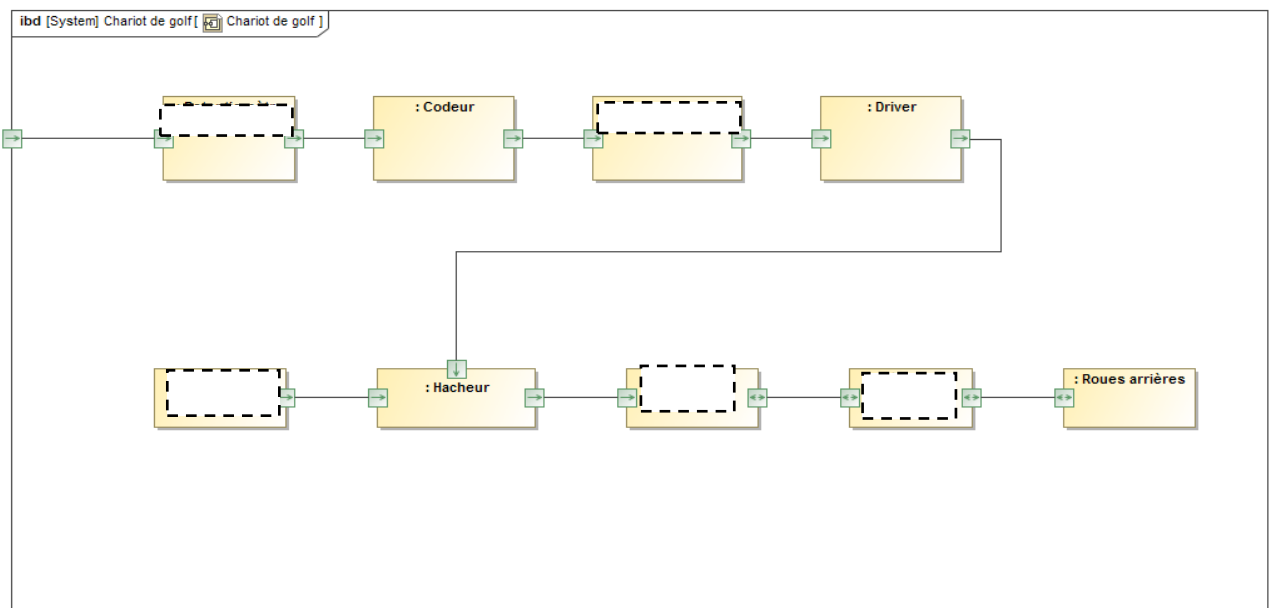
**Q7 :** A partir du bdd, expliquer pourquoi les roues arrière anti basculement ne sont pas sur l'éclaté du chariot page précédente. Placer le bloc « Système de propulsion » sur le diagramme des exigences avec le lien correspondant.



### 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.

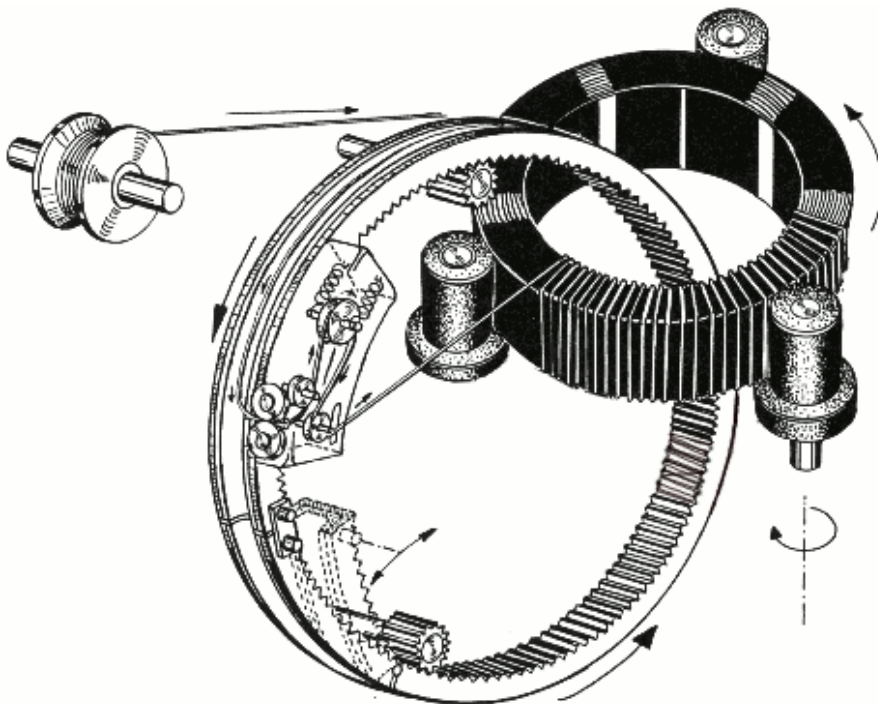


### Exercice 3 : Moteur à Courant Continu

Une bobineuse permet de réaliser les ... bobines que l'on trouve dans les transformateurs (entre autres). Dans le cas particulier de la bobineuse toroïdale (bobine enroulée sur un tore), c'est la combinaison des rotations du support torique du fil et d'une couronne supportant un petit « chariot » porte fil qui permet de réaliser le bobinage (la couronne « s'ouvre » pour être insérée dans le tore, ce n'est pas magique). La tension du fil est réglée par un système de ressort.



On s'intéresse ici à la chaîne fonctionnelle assurant le mouvement de rotation du tore. Celui-ci est guidé par trois galets et entraîné par l'un d'entre eux, deux des galets sont montés sur des supports mobiles ce qui leur permet de s'écarter au fur et à mesure que la section du tore augmente en raison de l'ajout du fil.



La chaîne fonctionnelle comporte un moteur à Courant Continu, un réducteur (rapport  $\lambda = 100$ ), le galet d'entraînement (rayon  $r_G = 10$  mm), un codeur (gain  $G_C$ ) monté directement sur l'axe du moteur et une carte d'asservissement intégrant le comparateur, un correcteur proportionnel traitant l'écart et un amplificateur délivrant le signal de commande au moteur.

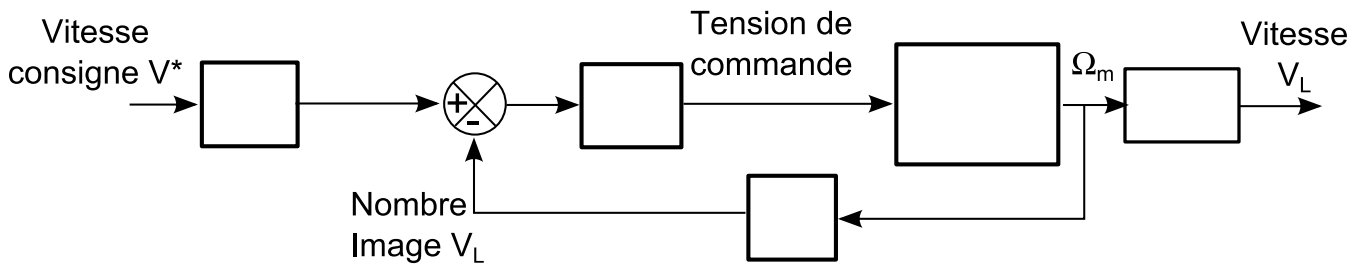
L'ensemble du correcteur et de l'amplificateur peuvent être considérés comme un gain pur réglable  $K$  (V.s).

Enfin, une interface utilisateur permet de fixer la consigne. En fait cette consigne prend en compte le diamètre du fil et le « pas » d'enroulement ... Mais au final cela revient à peu près à fixer une vitesse linéaire  $V_L$  d'avancement du tore.

L'interface peut globalement être assimilée elle aussi à un gain pur  $T$  : on saisit une vitesse et l'interface la convertit en une consigne donnée sous forme d'un nombre en  $s.m^{-1}$ . Le capteur de vitesse a un gain pur  $G_c$ .

La fonction de transfert du moteur est  $\Omega_m(p)/U(p)=M(p)$ .

**Q1 :** Complétez le schéma bloc ci-dessous.



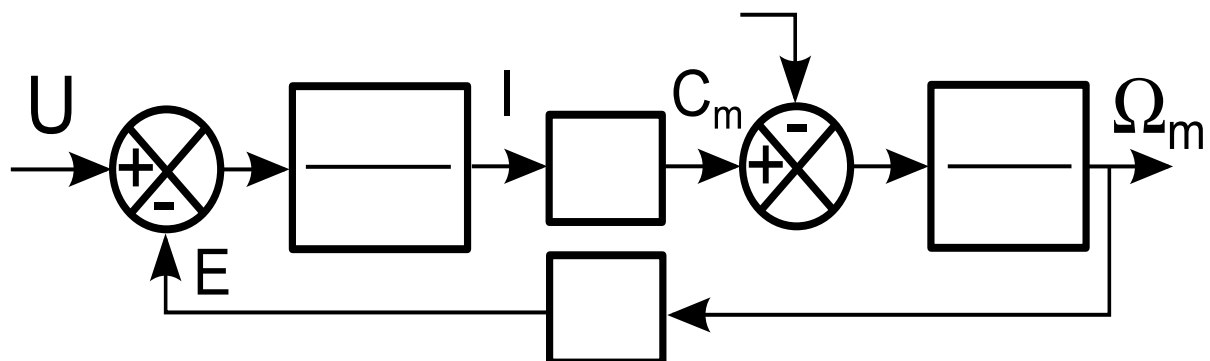
**Q2 :** Pour que l'asservissement soit cohérent, montrer que  $T=G_c \cdot \lambda / r_G$ . On admettra ce résultat par la suite.

Les équations de fonctionnement du moteur sont :

$$C_m(t) - C_r(t) - \underbrace{f\omega(t)}_{\substack{\text{Cfrott} \\ \text{fluide}}} = J \frac{d\omega(t)}{dt} ; u(t) = e(t) + Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} ; C_m(t) = K_c i(t) ;$$

$$e(t) = K_e \omega(t)$$

**Q3 :** Traduisez ces équations dans le domaine de Laplace et complétez le modèle ci-contre.



On considère que le couple résistant et le coefficient de frottement fluide sont nuls.

**Q4 :** Donner la fonction de transfert  $M(p)$  du moteur.

En supposant que  $\frac{L}{R}$  est très petit devant  $\frac{RJ}{K_e K_c}$  on propose pour le moteur une mise en forme du type :  $M(p) = \frac{K_m}{(1 + T_m p)(1 + T_e p)}$ . On conservera cette proposition pour  $M(p)$  pour la suite.

**Q5 :** Déterminez la fonction de transfert  $V_L(p)/V^*(p)$  en Boucle Fermée (sans tenir compte de la perturbation) en fonction des paramètres fournis (on conserve évidemment  $K$ ).



**Q6 :** En appliquant le théorème de la valeur finale, déterminez la valeur finale de la vitesse  $V_f$  en fonction de  $K$  et  $V^*$ .

**Q7 :** Déduisez en la valeur à donner à  $K$  si on veut se limiter à une erreur de 1%.