



## Robot tondeur - Auto Mower

### 1. Présentation du système

#### 1.1. Principe

Le robot tondeur Auto Mower a été conçu pour libérer au maximum le propriétaire d'une pelouse de l'astreinte de la tonte. Le principe est une tonte quasi permanente, sans ramassage des déchets de coupe, ce qui est favorable à l'entretien de la pelouse et réduit considérablement l'apport extérieur d'éléments nutritifs (engrais).

L'installation du système nécessite au départ la pose de deux boucles magnétiques (figure 1) permettant pour l'une de délimiter la zone de tonte, pour l'autre de permettre au robot tondeur de s'acheminer vers un poste de recharge de sa batterie.

Ces deux boucles magnétiques sont constituées de fils électriques pouvant être légèrement enterrés (3 à 4 cm) afin de les rendre invisibles et de les protéger.

L'installation effectuée, l'utilisateur pose le robot tondeur sur le sol, introduit son code secret sur un clavier et peut laisser le robot en totale autonomie.

En cas de problème de fonctionnement :

- non détection de la boucle périphérique,
- impossibilité de trouver la boucle de recharge,
- impossibilité de se dégager d'un recoin,
- soulèvement ou retournement du robot,

les moteurs ne sont plus alimentés, une alarme par "buzzer" se met en route et un code correspondant au problème s'affiche par allumage de diodes électroluminescentes sur le clavier. Il est à noter que l'introduction du code secret est nécessaire au redémarrage du robot.

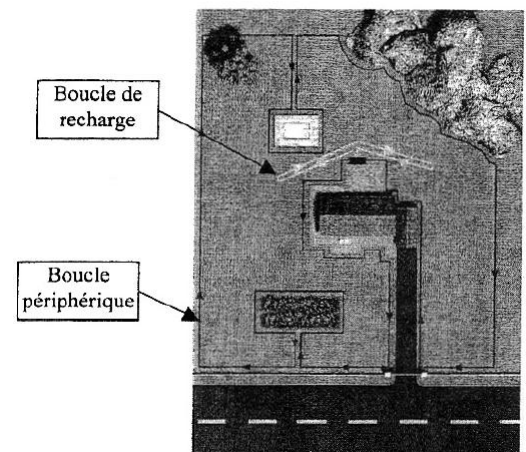


Figure 1 : Boucle magnétique

#### 1.2. Caractéristiques générales

- Capacité de tonte maximale 1500 m<sup>2</sup>,
- Largeur de coupe 200 mm,
- Vitesse d'avance de l'ordre de 0,4 m.s<sup>-1</sup>,
- Surface moyenne de tonte 60 m<sup>2</sup>/h,
- Autonomie moyenne 2h,
- Temps de recharge 2h,
- Consommation moyenne 8 kW/h par mois (saison de tonte moyenne 7 mois).



### 1.3. Description du fonctionnement

#### • Tonte normale

Le robot tondeur une fois posé sur le sol doit détecter la présence de la boucle magnétique périphérique. Il démarre alors son cycle de tonte en roulant en ligne droite jusqu'à rencontrer cette boucle périphérique délimitant la surface à tondre. Celle-ci rencontrée, le robot "rebondit" (figure 2) suivant un angle aléatoire dont les valeurs limites fixées au départ d'usine peuvent être modifiées par la suite en fonction de la configuration du terrain.

La phase de tonte se poursuit ainsi jusqu'à ce que la batterie soit à 50% de sa capacité, le moteur de coupe s'arrête, et le robot se met en quête de la boucle magnétique de recharge. Celle-ci rencontrée, il s'achemine jusqu'au poste de recharge de la batterie pour pouvoir redémarrer un nouveau cycle de tonte.

Il est à noter qu'une horloge interne permet de programmer les heures de tonte.

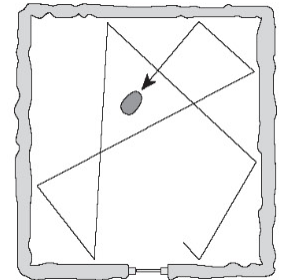


Figure 2 : Tonte normale

#### • Cas de la rencontre d'un obstacle à l'avancement

Les obstacles "rigides" (arbres, ...) sont détectés par déplacement de la coque de la machine. Le robot effectue alors un léger recul, puis change de direction en pivotant sur lui-même et repart.

#### • Cas d'une pente trop importante

Si le robot tondeur se trouve sur une pente trop importante pouvant entraîner un patinage des roues motrices, il effectue un pivotement sur lui-même de 180° et repart en sens inverse.

La pente maximum définie départ usine est de 15°; il est possible de l'augmenter pour adapter le robot à la configuration du terrain, il faut dans ce cas là rajouter des poids pour augmenter l'adhérence au sol.

#### • Cas d'une zone d'herbe très dense

Pour des raisons pouvant être dues à la tonte suivant un cycle aléatoire ou à la première tonte en début de saison, le robot peut rencontrer une zone où l'herbe est très dense donc difficile à tondre, le couple résistant augmente sur le moteur de coupe. Il démarre alors un cycle de déplacement en spirale (figure 3) jusqu'à s'être assuré que la partie de pelouse concernée a bien été complètement coupée.

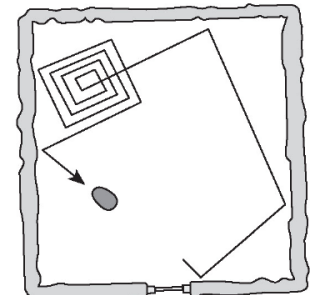


Figure 3 : Cas d'herbe dense

### 1.4. Description du robot tondeur

#### • Déplacement du robot tondeur

Le déplacement du robot est assuré par deux roues motrices situées à l'arrière (figures 4 et 5). Chaque roue est entraînée indépendamment de l'autre par un moteur à courant continu à travers un réducteur. Le changement de direction du robot est obtenu grâce à une inversion relative des vitesses de rotation des deux roues motrices. Le robot pivote alors sur lui-même. Un capteur optique lié à l'axe de chacun des moteurs permet à la carte électronique de connaître les angles de rotation des roues et donc de diriger précisément le robot.

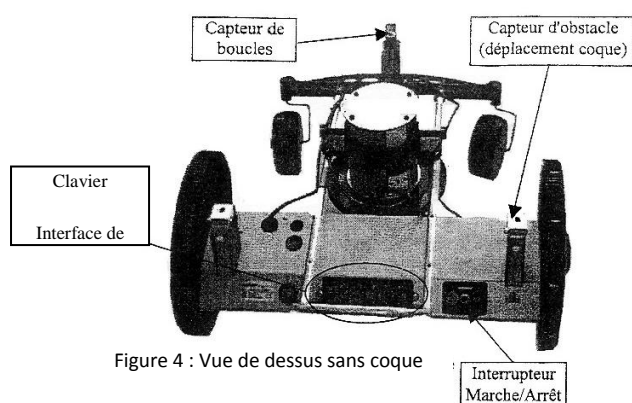


Figure 4 : Vue de dessus sans coque

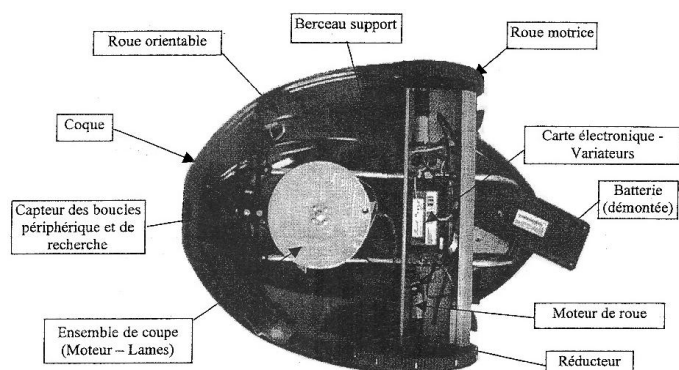


Figure 5 : Vue de dessous



## TD Etude de la chaîne de conversion électromécanique – moteur CC

### • Coupe

Le mécanisme de coupe (figure 4) est constitué d'un plateau équipé de trois lames entraîné en rotation par un moteur électrique. Les lames de coupe sont articulées sur le plateau, sous l'effet de la force centrifuge elles s'écartent vers l'extérieur, en cas de choc important (branche par exemple), elles pivotent et se retrouvent masquées par une plaque de protection en tôle d'acier, libre en rotation, qui assure la protection des éléments tournants.

### • Gestion du système

Le robot est géré par une carte électronique construite autour d'un microcontrôleur (68HC11 de Motorola). Cette carte reçoit et traite les informations issues des capteurs de pente, de choc et de boucles, reçoit aussi les informations vitesses et courants issues des codeurs associés à chaque moteur, gère les données utilisateur provenant du clavier et fournit les ordres de pilotage à chacun des trois variateurs associés aux moteurs.

Les modulateurs d'énergie sont des convertisseurs statiques continu/continu (hacheurs).

La batterie qui permet le fonctionnement global du robot, est une batterie de 12V/4,4 Ah, de technologie Nickel Métal Hydrure (Ni-MH). Ce type de batterie permet des décharges profondes sans altérer ses propriétés de charge.

## 2. Etude du système

L'objet de cette étude est d'identifier les principaux éléments constitutifs des chaînes d'information et d'énergie répondant à la fonction : Tondre la pelouse.

Q1 : Après avoir soigneusement lu la présentation et la description du fonctionnement du système étudié dans les deux pages qui précèdent, compléter les chaînes d'information et d'énergie du document réponse DR1 et compléter la liste des éléments à détecter.

## 3. Etude de l'adaptation aux conditions de coupe

L'objet de cette étude est de déterminer les paramètres limites de coupe (vitesse, couple et puissance).

### 3.1. Calcul de la vitesse d'avance du robot tondeur

Les moteurs de déplacement sont pilotés par des hacheurs. Le rapport de réduction important permet d'absorber un courant qui est proche du courant à vide. La vitesse est elle aussi au rapport cyclique près, la vitesse à vide des moteurs.

Données :  
- Fréquence de rotation des moteurs de roues = 3800 tours / minutes  
- Rapport de réduction d'un réducteur = 1 / 126,56  
- Diamètre des roues motrices = 248 mm

Q2 : Calculer la vitesse d'avance du robot tondeur.

### 3.2. Vérification de la vitesse de rotation minimum du moteur de coupe

On admettra que pour avoir une coupe nette, il ne doit rester aucun brin d'herbe non coupé entre le passage de deux lames successives.

Données :  
- Une lame de coupe dépasse de 13 mm du disque de protection (voir figure 6).  
- Le diamètre du disque de protection est de 190 mm.  
- Le moteur de coupe est le modèle BG3612/4 dont les caractéristiques sont fournies annexe 1.

Q3 : Calculer la fréquence de rotation minimum du moteur de coupe nécessaire pour réaliser la condition de coupe nette énoncée ci-dessus et illustrée sur la figure 6.

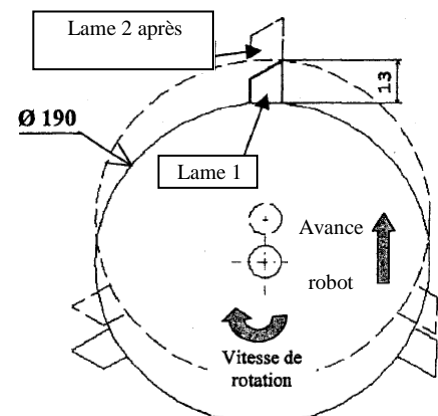


Figure 6 : Avance du plateau de coupe



---

**TD Etude de la chaîne de conversion électromécanique – moteur CC**

---

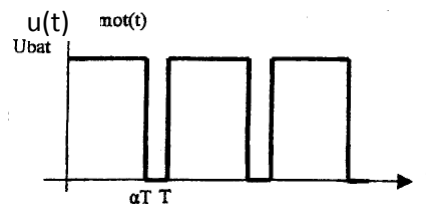
Le moteur de coupe choisi par le constructeur du robot tondeur est-il compatible avec le résultat trouvé ?

Des essais ont cependant montré que la coupe de l'herbe est nette et franche lorsque la vitesse linéaire de la lame atteint ou dépasse  $12 \text{ m.s}^{-1}$ .

☒ **Q4** : Calculer dans ces conditions la vitesse de rotation minimum (en tours/min) du moteur de coupe.

### 3.3. Paramètres de commande liés à la variation de vitesse

Le hacheur qui pilote le moteur de coupe applique au moteur une tension de la forme suivante :



☒ **Q5** : Exprimer dans le cas ci-dessus la tension moyenne (notée  $U$ ) aux bornes du moteur.

☒ **Q6** : A partir des documents du constructeur (annexe 1) pour  $U = U_{\text{bat}} = 12 \text{ V}$  et pour le courant nominal, calculer la vitesse de rotation du moteur. Cette vitesse est-elle compatible avec la tonte ?

☒ **Q7** : Calculer la valeur de  $\alpha$  permettant d'obtenir pour le courant nominal une vitesse de rotation de  $1200 \text{ tr.min}^{-1}$ .

### 3.4. Analyse et détermination des modes de fonctionnement

Le disque de coupe a une très forte inertie. Il faut, lorsque l'utilisateur soulève le robot que le disque de coupe s'arrête dans un délai très court.

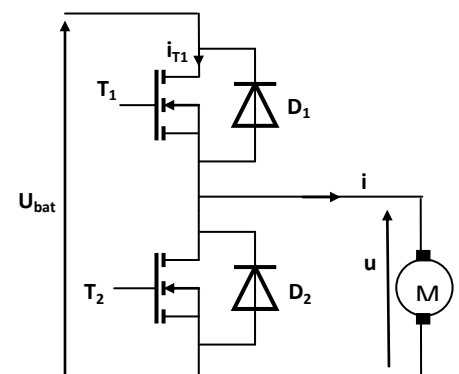
☒ **Q8** : De façon générale, en raisonnant dans le plan  $C(\Omega)$ , hachurer les deux quadrants qui représentent le fonctionnement moteur d'une machine. Que se passe-t-il lorsqu'on se trouve dans les deux autres quadrants ?

☒ **Q9** : En tenant compte des spécificités du robot (alimentation embarquée, autonomie, poids), comment s'effectue le freinage du disque ? Quels sont alors les quadrants utilisés par le moteur de coupe ?

### 3.5. Etude du hacheur du moteur de coupe

Le hacheur utilisé est représenté figure ci-contre.  $T_1$  est commandé de 0 à  $\alpha T$  et  $T_2$  de  $\alpha T$  à  $T$ .

☒ **Q10** : De quelle réversibilité dispose ce hacheur ? Justifier l'emploi de ce convertisseur vu les spécificités de l'application.



☒ **Q11** : Tracer sur le document réponse DR2 la tension  $u(t)$ , le courant  $i(t)$  ainsi que les tensions et courants des transistors 1 et 2 pour un courant moyen positif et négatif. Préciser, dans chaque cas, les composants passants.

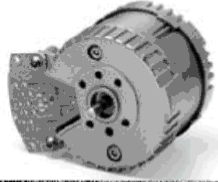
## Annexe 1

### Caractéristiques du moteur de coupe

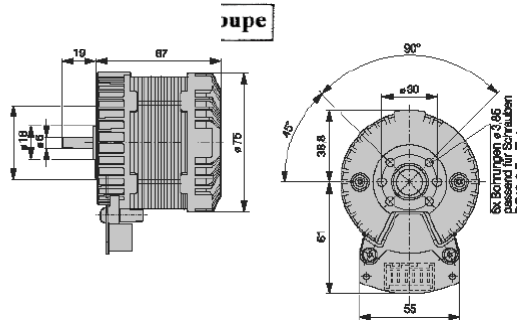


TD Etude de la chaîne de conversion électromécanique – moteur CC

**EC Motoren**  
EC Motors



**BG 36**



**Moteur BG 3612/4**

Puissance maximale de sortie : 22 W	Puissance maximale d'entrée : 32 W
Vitesse maximale : 2000 tr/min	Tension nominale : 12 V DC
Courant nominal : 1,8 A	Couple nominal : 10 Ncm
Résistance de l'induit : 0,51 Ohms	Constante électrique : $k = 0,055 \text{ V.s.rad}^{-1}$
Poids : 0,5 Kg	

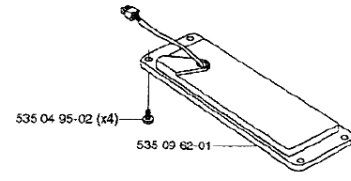
Annexe 2

Caractéristiques du moteur de déplacement

	MG 2-2	G 30.1	PLG 30.0
Designation du moteur		G 30.1	
Couple nominal		1,65 N.cm	
Vitesse nominale		3300 min <sup>-1</sup>	
Puissance nominale		5,7 W	
Tension nominale		12 V	
Courant à vide		0,175 A	
Diamètre		30 mm	
Longueur		50 mm	
Courant nominal		0,9 A	
Vitesse à vide		4650 min <sup>-1</sup>	
Couple de démarrage		5,4 N.cm	
Constante mécanique de démarrage		17 10-3s	
Résistance du rotor		4,1 Ohms	
Résistance aux bornes du moteur		4,9 Ohms	
Constante de couple		2,32 10 <sup>-2</sup> NmA <sup>-1</sup> P	
Tension de démarrage		1,2 V	
Puissance de sortie maximale		6,5 W	
Température maximale		80 °C	



Batterie



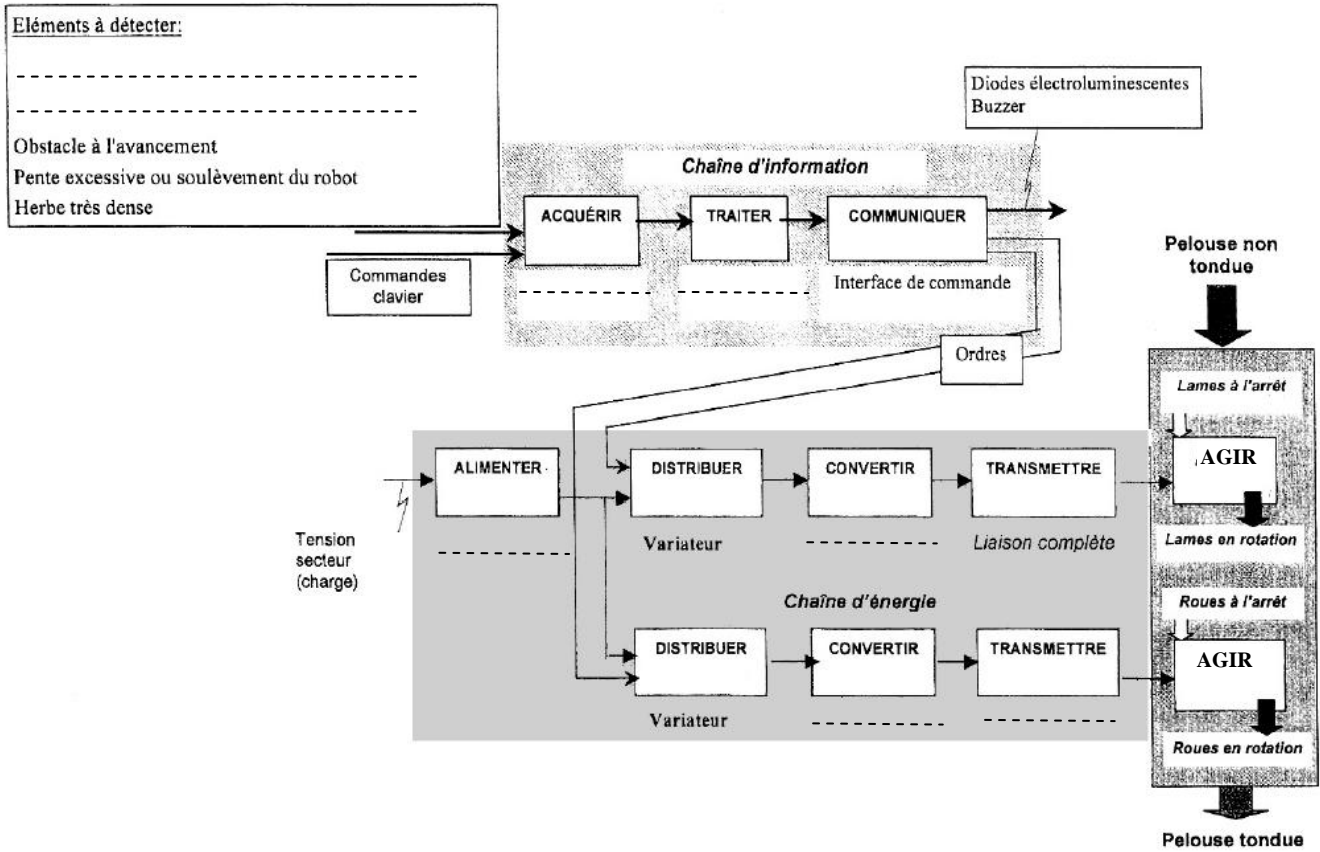
Capacité normale 4.4 Ah  
Tension nominale 12 V  
Seuil mini avant recharge 1.6 Ah



TD Etude de la chaîne de conversion électromécanique – moteur CC

**DR1**

**Diagramme des chaînes d'information et d'énergie**



**DR2**

**Formes d'onde du hacheur du moteur de coupe**

