

Section : S	Option : Sciences de l'ingénieur	Discipline : Génie Électrique	
Etude du déplacement de la tondeuse RL500			
Système étudié : La tondeuse robot RL500	Type de document : Travaux Pratiques	Classe : Première	Date :

☞ Mise en situation et objectifs du TP ☞

La tondeuse robot RL500 fait partie d'une nouvelle génération de tondeuse à gazon dite « automatique », capable de tondre seule l'herbe dans le jardin sans intervention humaine. Mais pour effectuer un travail efficace, la tondeuse doit rouler sur la totalité de la zone à tondre tout en évitant les éventuels obstacles présents dans le jardin. Ce TP a pour but de découvrir comment la tondeuse effectue son déplacement afin de satisfaire les deux critères contradictoires précédemment cités, puis d'étudier les solutions techniques mises en jeu pour réaliser ces déplacements.

☞ Travail demandé ☞

I - Découverte du système et mode de tonte en zigzag

I - 1 - 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, produit innovant, 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 du 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.

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

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

I - 2 - Analyse fonctionnelle

Donnez le nom et le type de la matière d'œuvre et de la valeur ajoutée du système « Tondeuse RL500 », puis complétez son diagramme bête à cornes exprimant le besoin auquel il répond :

La matière d'œuvre du système est :

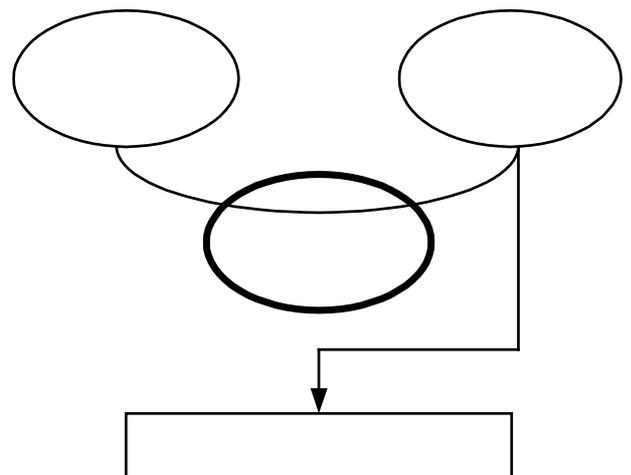
Cette matière d'œuvre est de type :

- matière énergie information

La valeur ajoutée du système est :

Cette valeur ajoutée est de type :

- déplacement stockage transformation



Expression du besoin du système « Tondeuse RL500 »

I - 3 - Simulation de la tonte sur ordinateur

Pour remplir entièrement sa fonction la tondeuse doit répondre aux contraintes suivantes :

- * parcourir tout le jardin de manière autonome
- * contourner les obstacles dans le jardin [arbres, parterre de fleurs, piscine, etc.]
- * tondre la pelouse uniformément quelque soit les variations du terrain [montée, descente, au plat]

Le logiciel de simulation vendu avec la tondeuse permet de tester le déplacement de la tondeuse dans différentes configurations (jardin avec ou sans arbres, pelouse de forme carrée ou ovale, jardin polygonal à angles aigus ou obtus, pelouse avec une piscine au milieu, etc.). Avant de commencer la simulation, téléchargez le logiciel de simulation de la tondeuse sur le serveur NESSI, et placez-le sur votre bureau de Windows s'il n'y est pas déjà installé. Lancez ensuite ce logiciel de simulation de la tondeuse en cliquant sur l'icône **simulateur_tondeuse.exe** présente sur le bureau de Windows. Voici comment procéder pour construire rapidement un jardin et mettre en marche la tondeuse dans le logiciel de simulation :

- * ouvrez le logiciel de simulation (programme **simulateur_tondeuse.exe** présent sur le bureau de Windows)
- * pour dessiner un jardin, cliquez sur l'icône **Draw Lawn** puis tracez le contour du jardin segment par segment
- * pour terminer le jardin, double-cliquez **sur l'extrémité de l'avant-dernier segment** : le contour est fermé par un dernier segment et la surface du jardin devient verte (ex : pour un carré on ne tracera donc que 3 segments)
- * pour placer des arbres dans le jardin (obstacles que la tondeuse devra contourner), cliquez sur l'icône **Draw Tree** puis cliquez en différents points du jardin
- * pour placer des zones de tonte interdites (parterre de fleurs, piscine, bassins, etc...), cliquez sur l'icône **Draw Flowerbed**, cliquez sur un point du jardin, déplacez la souris pour tracer la surface interdite, puis cliquez à nouveau pour valider
- * vous pouvez ainsi ajouter plusieurs obstacles (arbres ou fleurs) dans votre jardin
- * une fois le jardin complètement construit, pour commencer la tonte il faut cliquer sur l'icône **Place RL500**, cliquer dans le jardin sur le point de départ de la tondeuse, cliquer sur le bouton de la petite boîte de dialogue qui s'ouvre, puis observez attentivement la trajectoire que la tondeuse va suivre pour parcourir tout le jardin

Remarques :

- * pendant la tonte, le bouton **% Lawn Mowed** vous permet de connaître le pourcentage du jardin qui a été tondu et de mesurer en partie « l'efficacité » de la tondeuse dans la configuration du jardin testé
- * si la batterie est totalement déchargée, vous pouvez la recharger instantanément et continuer la tonte en cliquant sur le bouton **Recharge** de la boîte de dialogue « **Recharge battery ?** »
- * le temps écoulé depuis le début de la tonte est affiché à côté de la charge de la batterie en heures et minutes
- * une batterie chargée complètement a une autonomie de 2h30min
- * les boutons **Stop** et **Continue** permettent de marquer une pause puis de reprendre la tonte
- * pour tracer et tester un nouveau jardin il faut cliquer sur **New Lawn** : le NORD est vers le haut sur l'écran

I - 1 - En utilisant le logiciel de simulation de la tondeuse comme indiqué ci-dessus, testez son efficacité dans différentes configurations de jardin (avec ou sans arbres, avec ou sans fleurs, jardin à angle droits, jardin à angle aigus ou obtus, jardin en forme de rectangle, de rond, de triangle, d'étoile, de labyrinthe, etc.). Observez bien les virages que doit effectuer la tondeuse pour pouvoir parcourir tout le jardin, ainsi que la variation de vitesse de la tondeuse.

I - 2 - Le déplacement de la tondeuse lors de la tonte s'effectue en 3 phases bien précises. Indiquez l'action de la tondeuse dans chacune de ces phases en cochant une seule proposition parmi les suivantes et en utilisant vos observations faites sur le logiciel de simulation :

Phase 1 :

- la tondeuse se dirige vers le bord du jardin en direction du NORD
- la tondeuse se dirige vers le bord du jardin en direction du SUD
- la tondeuse se dirige vers le bord du jardin en direction de l'EST
- la tondeuse se dirige vers le bord du jardin en direction de l'OUEST

Phase 2 :

- la tondeuse parcourt le contour du jardin pendant 1 tour
- la tondeuse parcourt le contour du jardin pendant 1.5 tour
- la tondeuse parcourt le contour du jardin pendant 2 tours
- la tondeuse parcourt le contour du jardin pendant 2.5 tours

Phase 3 :

- la tondeuse commence la tonte en zigzag en pivotant sa trajectoire de 1° à chaque « rebond » dans un obstacle
- la tondeuse commence la tonte en zigzag en pivotant sa trajectoire de 5° à chaque « rebond » dans un obstacle
- la tondeuse commence la tonte en zigzag en pivotant sa trajectoire de 20° à chaque « rebond » dans un obstacle
- la tondeuse commence la tonte en zigzag en pivotant sa trajectoire de 45° à chaque « rebond » dans un obstacle

I - 3 - Lors de son déplacement la tondeuse a-t-elle besoin de rouler dans les deux sens [marche avant et arrière] ?

I - 4 - Lors de son déplacement la tondeuse a-t-elle besoin de rouler à différentes vitesses [lente et rapide] ?

II - Contrôle de la vitesse de la tondeuse

Afin que la tondeuse puisse tourner autour des obstacles dans le jardin, le cahier des charges de la tondeuse impose la commande des deux roues dans les deux sens de rotation et avec deux vitesses différentes. Cela nécessite l'utilisation d'un hacheur réalisé à l'aide d'un « pont en H ».

II - 1 - Changement du sens de rotation des moteurs

Dans la tondeuse RL500 chaque moteur est alimenté par un dispositif constitué de 4 interrupteurs, et appelé « pont en H ». Chacun des 4 interrupteurs T1, T2, T3 et T4 du pont en H peut prendre 2 états différents :

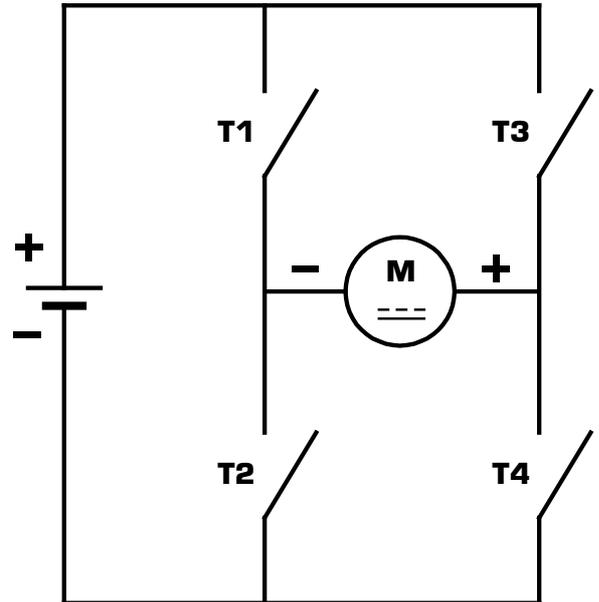
- * ouvert
- * fermé

En fonction de l'état de chacun des interrupteurs, le moteur peut être :

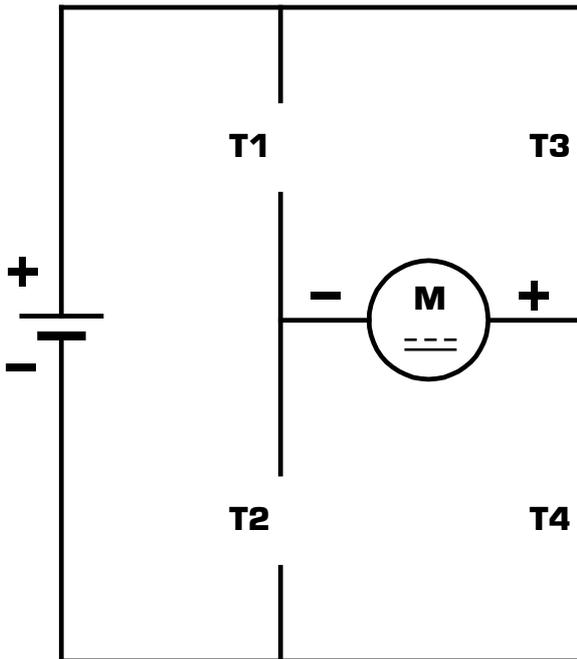
- * arrêté
- * en marche en sens DIRECT
- * en marche en sens INVERSE

Sur le schéma ci-contre, tous les interrupteurs sont ouverts, le moteur est alors arrêté.

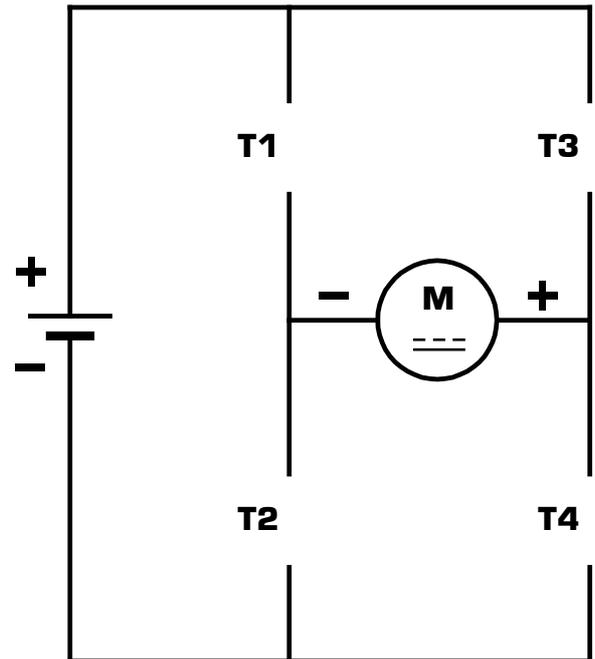
II - 1 - 1 - Complétez les deux schémas ci-dessous en dessinant 2 interrupteurs fermés et 2 interrupteurs ouverts dans le pont en H, afin que le moteur tourne dans le sens indiqué :



Structure du pont en H



Le moteur tourne dans le sens DIRECT



Le moteur tourne dans le sens INVERSE

On remarque qu'en commandant l'ouverture et la fermeture des 4 interrupteurs du pont en H il est alors possible de contrôler la mise en marche, l'arrêt, ainsi que le sens de rotation du moteur.

II - 1 - 2 - Complétez le tableau récapitulatif suivant donnant l'état du moteur en fonction de l'état du pont en H :

Etat de T1	Etat de T2	Etat de T3	Etat de T4	Etat du moteur
ouvert	ouvert	ouvert	ouvert	
fermé	ouvert	ouvert	fermé	
ouvert	fermé	fermé	ouvert	

II - 1 - 3 - Quelle serait la conséquence si les 4 interrupteurs étaient tous fermés simultanément ?

.....

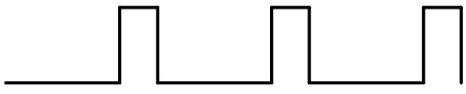
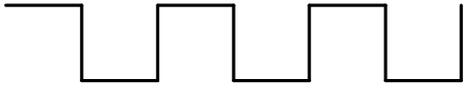
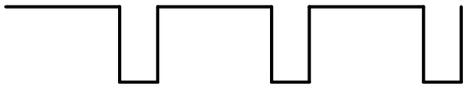
II - 2 - Modification de la vitesse de rotation des moteurs

Afin de faire varier la valeur moyenne de la tension appliquée au moteur, les interrupteurs T1 à T4 du pont en H sont commandés par des signaux rectangulaires. Le moteur est alors alimenté par un signal rectangulaire, variant entre $V_{MIN} = 0V$ et $V_{MAX} = 25V$, dont la valeur moyenne U_M est donnée par la relation : $U_M = (t_H \cdot V_{MAX} + t_B \cdot V_{MIN})/T$

La vitesse du moteur est donnée par la relation : $\Omega = k \cdot U_M$ avec :

- * Ω la vitesse de rotation du moteur [en tour par seconde : $tr.s^{-1}$]
- * k la constante de couple du moteur [en newton mètre par ampère : $N.m.A^{-1}$] : $k = 800 \cdot 10^{-3} N.m.A^{-1}$
- * U_M la valeur moyenne de la tension appliquée aux bornes du moteur [en volt : V]

II - 2 - 1 - Complétez les 3 cas suivants représentant l'alimentation du moteur [entre 0V et 25V] pour 3 rapports cycliques différents. On appelle rapport cyclique d'un signal le rapport entre le temps haut et la période du signal :

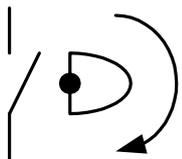
Premier cas : 	Temps haut : $t_H = 10 \mu s$ Temps bas : $t_B = 30 \mu s$ Période :	Rapport cyclique : Valeur moyenne : Vitesse de moteur :
Second cas : 	Temps haut : $t_H = 20 \mu s$ Temps bas : $t_B = 20 \mu s$ Période :	Rapport cyclique : Valeur moyenne : Vitesse de moteur :
Troisième cas : 	Temps haut : $t_H = 30 \mu s$ Temps bas : $t_B = 10 \mu s$ Période :	Rapport cyclique : Valeur moyenne : Vitesse de moteur :

Ce principe permettant de faire varier la tension moyenne aux bornes du moteur en modifiant le rapport cyclique du signal de commande est appelé **Modulation de Largeur d'Impulsion**, soit M.L.I. en abrégé [**Pulse Width Modulation** en anglais, soit P.W.M. en abrégé].

III - Mesure de la vitesse de la tondeuse

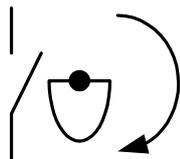
La partie électronique de la tondeuse est informée à tout instant de la vitesse instantanée de rotation des moteurs grâce à un capteur appelé **odomètre**. Il y a un odomètre sur chacun des moteurs de traction de la tondeuse. L'odomètre est un capteur placé sur l'arbre du moteur, et donnant une information à chaque tour du moteur. Les 4 figures ci-dessous montrent le mouvement du moteur durant 1 tour, et son action sur le capteur de l'odomètre.

III - 1 - Indiquez l'état [ouvert ou fermé] du capteur de l'odomètre dans chacun des 4 cas suivants :



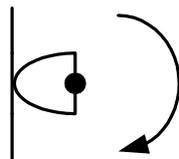
Etat du capteur :

.....



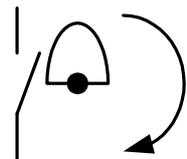
Etat du capteur :

.....



Etat du capteur :

.....



Etat du capteur :

.....

III - 2 - Lorsque le moteur fait 1 tour, combien de fois l'odomètre se ferme-t-il ?

III - 3 - En déduire une relation entre la fréquence f du signal issu de l'odomètre [en Hertz] et la vitesse de rotation Ω du moteur [en tour par seconde] :

.....

III - 4 - On a mesuré la fréquence f du signal issu de l'odomètre pour différentes vitesses de la tondeuse. Complétez le tableau suivant, en respectant les unités imposées, sachant que le rapport de réduction des engrenages entre le moteur et les roues est de 1/60 et que le diamètre des roues de la tondeuse est de 240 mm :

Fréquence f du signal de l'odomètre [en Hertz]	10 Hz	15 Hz	23 Hz	41 Hz
Vitesse de rotation du moteur [en $tr.min^{-1}$]				
Vitesse de rotation des roues [en $tr.min^{-1}$]				
Vitesse d'avancement de la tondeuse [en $km.h^{-1}$]				