INTRODUCTION

Ce document décrit la version 2016 de mon portail de jardin.
Vous pouvez vous reporter aux versions 1994 et 2004 (http://luc.roche.perso.libertysurf.fr) pour la description du portail et du moteur qui sont inchangés dans la version 2016. Il s'agit donc toujours du même portail coulissant toujours entraîné par le même moteur d'essuie-glace et ceci depuis 22 ans.

Les principales modifications concernent :

- La diminution des câbles de connexions du garage au moteur (2 ou 3 au lieu de 4).
  Plus que 3 câbles si les fins de course sont conservés, plus que 2 s'ils sont remplacés par des butées.

- La sécurité d'obstacle avec la suppression d'une résistance de puissance et la limitation de puissance au moteur avant son arrêt.

- L'amélioration des dispositifs anti rebonds à partir d'un 555.
  Les précédents étaient simplement constitués de réseaux RC avec quelques ratés pour les nerveux du bouton de commande manuelle.

- L'inversion du sens du mouvement du portail lors de la commande suivant un arrêt volontaire ou de sécurité.

- L'utilisation d'un émetteur/récepteur UHF du commerce au lieu d'un émetteur/récepteur VHF fabriqué.
  Ma porte de garage précédente était télécommandée en VHF et, pour éviter plusieurs télécommandes, le portail aussi. L'installation d'une nouvelle porte télécommandée en UHF m'a incité à utiliser la même télécommande pour la porte de garage et le portail.

- La mise en place d'un clignotant avertisseur du mouvement du portail et du bon arrêt de l'alimentation du moteur.

- La mise au propre générale du montage et la publication des circuits. Auparavant, c'était du semi-volant.

- Les justifications théoriques détaillées des choix et des valeurs des composants.
  Les justifications lourdes sont mises en annexe pour ne pas surcharger la description.

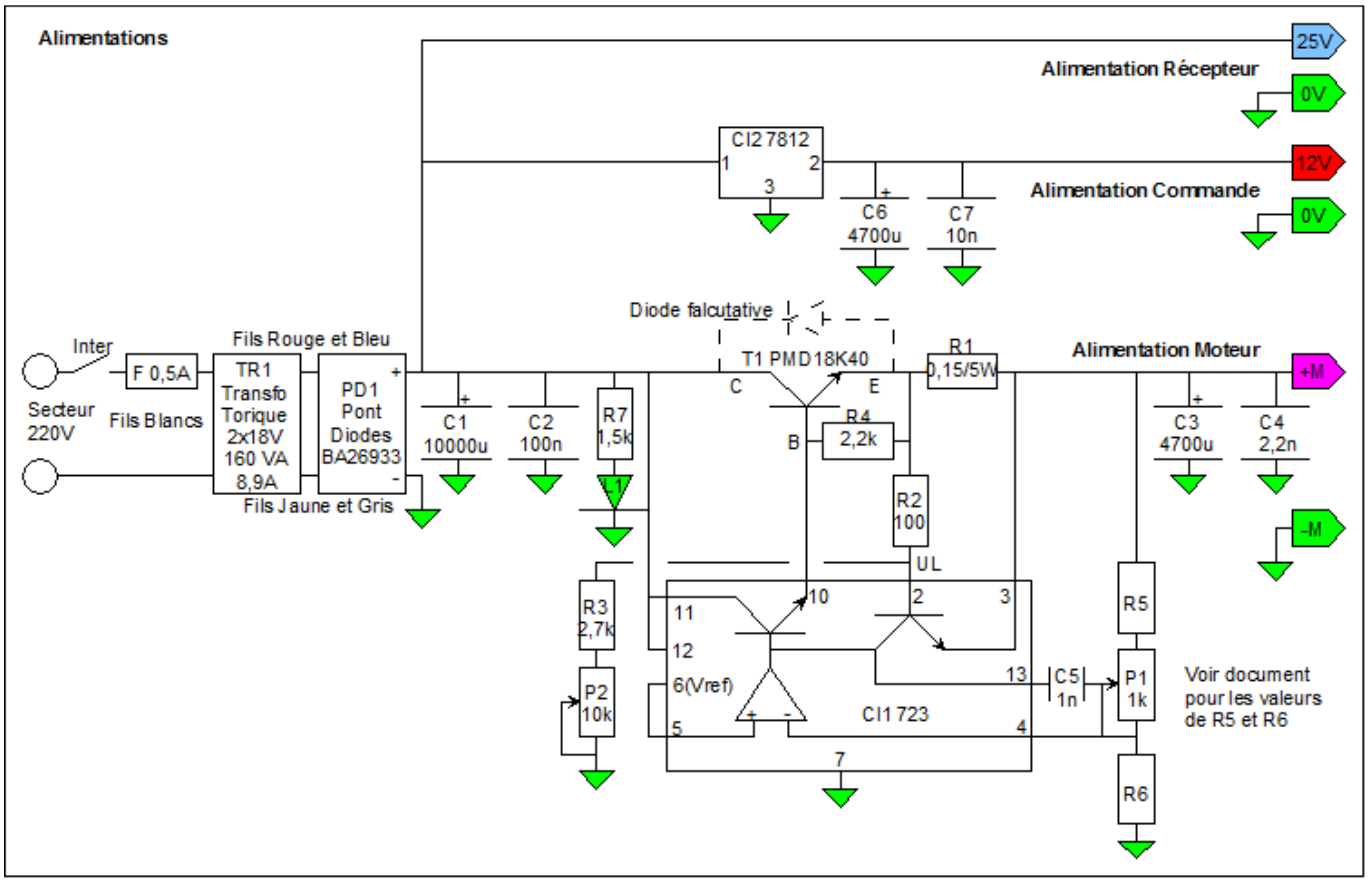
L'ensemble est constitué des modules suivants, chacun étant dans un boitier.

Dans le garage :
- Le module fournissant les alimentations et assurant les sécurités.
- Le module de gestion des commandes.
- Le récepteur UHF.
- Le module permettant la commande manuelle et le contrôle du bon fonctionnement.

A l'extérieur :
- Le moteur et les éventuels fins de course.
- Le clignotant.

ALIMENTATIONS

Le montage nécessite 3 alimentations continues : une pour le récepteur, une pour la commande et une pour le moteur. Ce module est placé dans le garage.



Redressement et filtrage

L'abaissement du secteur est assuré par un transformateur torique de 160 VA/2*18V. Les 2 enroulements de 18V sont mis en parallèle afin de pouvoir débiter 160 VA/18 V=8,9 A.
Le redressement double alternance est confié à un pont de diodes BA26933 capable de supporter 100 V/8 A monté sur un radiateur CO224P/75 mm.
Le filtrage est assuré par le condensateur C1=10 000 µF/50 V (compter 1000 µF par ampère pour un filtrage efficace).
La LED L1, facultative (voir § Commande manuelle et Contrôle), témoigne de la mise sous tension.
Le fusible de 0,5 A sur le primaire du transformateur limite le courant sur le secondaire à 0,5 A*220 V/18 V=6 A.
La tension redressée et filtrée atteint alors 25 V.
La diode entre le collecteur et l'émetteur de T1 le protège du courant inverse induit par l'effet selfique de la charge lors de l'arrêt de son alimentation. Elle n'a pas été mise dans mon cas.

Le courant maximum possible est de 8 A (Voir Annexe 1).

Note : Le courant total nécessaire n'excédant pas 5 A pour les 3 alimentations, il est possible d'utiliser un transformateur 90 VA/18 V, un pont de diode 5 A et un condensateur C1 de 4700 µF.

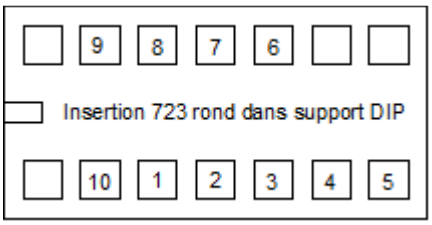
Alimentation du récepteur
Le récepteur est alimenté par la tension redressée et filtrée qui vaut 25 V.

Alimentation du module Commande
Le 12V est généré par un régulateur du type 7812. La consommation des circuits de commande étant de l'ordre de 0,1 A, le régulateur doit pouvoir supporter une puissance de (24 V-12 V)*0,1 A=1,2 W. Un régulateur en boitier TO220 devrait convenir. Toutefois pour d'éventuels besoins supplémentaires, il est choisi une version en boitier TO3 montée sur radiateur CO224P/75 mm permettant de disposer de 1,5 A (voir Annexe 1).

Alimentation du moteur
La régulation est assurée par un 723 pilotant un transistor de puissance darlington PMD18K40 (240 W/40 V/30 A) monté sur un radiateur CO224P/75 mm qui permet un courant de 4,7 A (voir Annexe 1).
Il est possible d'utiliser un transistor de puissance moins puissant que celui utilisé.

Le gain du transistor étant de 1000, le courant délivrée sur sa base par le régulateur est au max de 4 A/1000=4 mA donc bien inférieur au 40 mA dont est capable le 723 lorsque sa tension Vin-Vout est au maximum de 24-10=14V.

Le régulateur 723 existe sous forme de boitier DIP à 14 broches mais aussi en boitier rond (TO5) à 10 broches.
Le schéma suivant précise comment insérer le 723 en boitier rond à 10 broches dans un support DIP à 14 broches.



La tension de sortie U évolue entre Umin=Uref*(R5+R6)/R6 et Umax=Uref*(R5+R6+P1)/R6
La tension de référence Uref varie selon les types de 723. Le LM723 a une tension de référence de 7,15 V alors qu'elle est de 2,5V pour le LAS723.

Calculs de R5 et R6 en fonction de P1 :

a=Umax/Umin
b=Umin/Uref
R6=P1/[b*(a-1)]
R5=R6*(b-1)

Le tableau suivant donne les valeurs de R5, R6 et P1 pour obtenir V=12 à 16 V.

Uref	P1	R6	R5	U
7,15 V (LM723)	1 kΩ	1,8 kΩ	1,2 kΩ	11,9 à 15,9 V
2,5 V (LAS723)	1 kΩ	0,56 kΩ	2,2 kΩ	12,3 à 16,8 V

Note 1 : Le réseau R5, R6 et P1 ne doit pas présenter à l'amplificateur d'erreur une résistance de plus de 10 kΩ. Ce qui est vérifié avec les valeurs choisies.

Note 2: La régulation est améliorée si les broches 5 et 6 sont reliées par une résistance équivalente à R5+P1/2 en parallèle à R6+P1/2 et en reliant la broche 5 à la masse via un condensateur de 100 nF. Cette disposition n'est toutefois pas utile ici.

Note 3 : Si on utilise les fins de course, U ne doit pas être inférieur à 10,6 V (=la tension d'alimentation du module Commande soit 12 V diminuée de 2 chutes de diodes soit 1,4 V) afin d'éviter que les diodes D3, D7 et D3, D8 ne conduisent en permanence (voir § Commande et § Moteur).
Si on n'utilise pas les fins de course, U ne doit pas être inférieur à 6+2,5+1,4=9,9 V afin d'optimiser la luminosité du clignotant (voir § Clignotant).

SECURITES

Les sécurités sont déclenchées par l'augmentation du courant réclamé par le moteur lorsqu'il force.

Dans les versions précédentes :

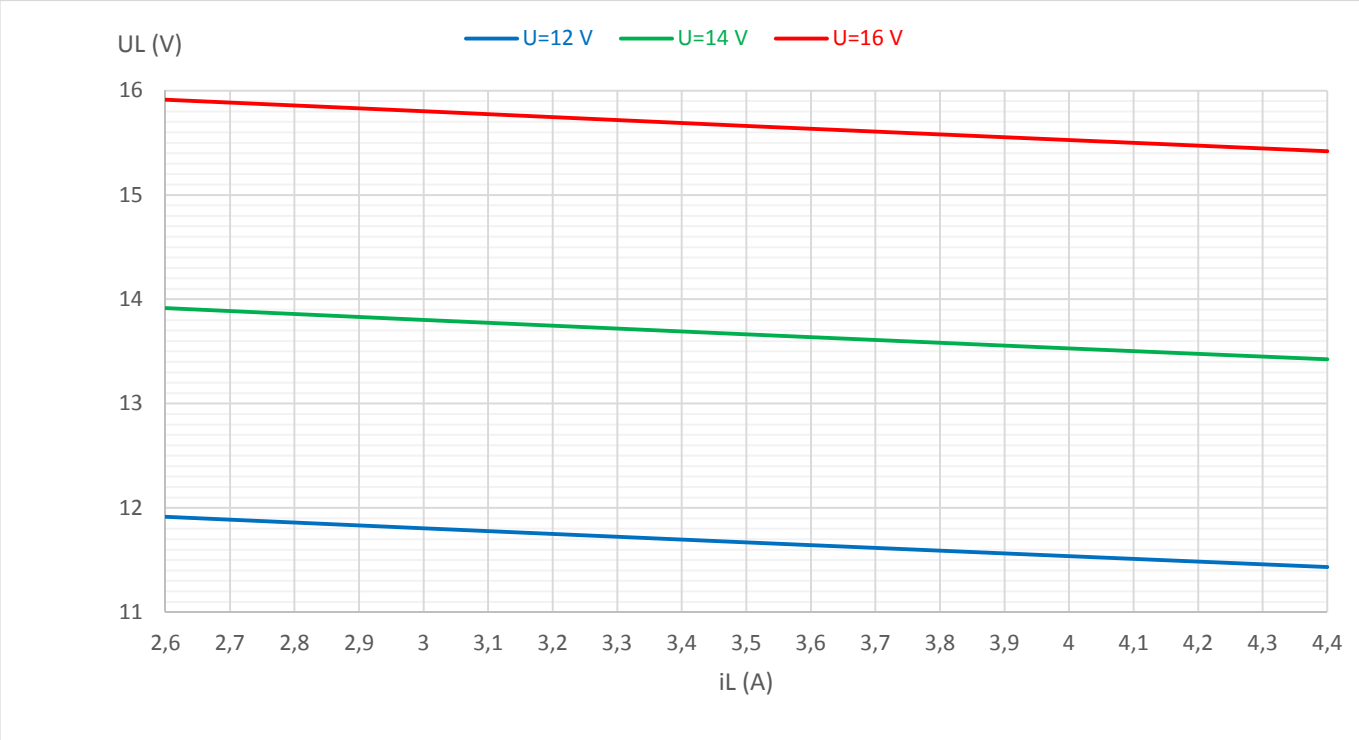
- Une résistance de puissance, placée dans la boucle de limitation de courant du 723, était utilisée pour limiter le courant limite iL et le courant de court-cicuit iCC à une valeur fixe iL=iCC.
- Une autre résistance de puissance, placée dans la ligne de retour de l'alimentation du moteur, était utilisée pour couper l'alimentation du moteur dès lors que le courant dépassait un seuil ajustable.

Dans la version présente, on utilise une seule résistance de puissance, placée dans la boucle de limitation de courant du 723, assurant à la fois les limitations de iL et de iCC à des valeurs différentes et ajustables, la limitation de la puissance appliquée au moteur puis la coupure de son alimentation selon un seuil ajustable.

Limitation de courant et de puissance

L'annexe 2 détaille la façon dont le régulateur 723 permet de limiter le courant et la puissance appliquée au moteur.

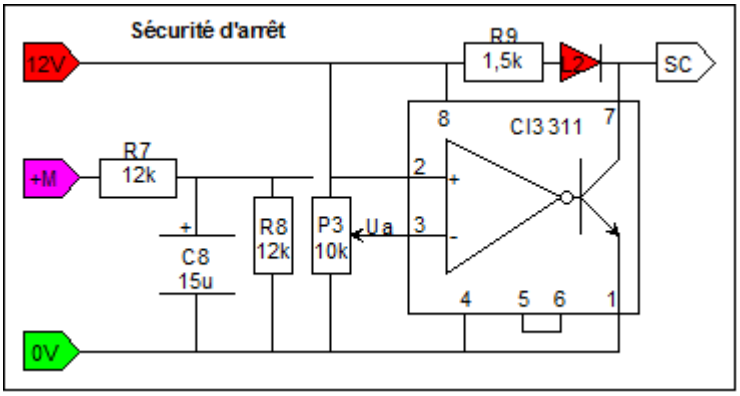
Le courant de court-circuit est iCC=2,3 A et le courant iL est ajustable par P2 selon le graphe suivant :



Par exemple si U=14 V et si on souhaite iL=3,5 A, il faut ajuster P2 pour obtenir UL=13,7 V.

Sécurité d'arrêt

Elle coupe l'alimentation du moteur lorsque le moteur force.



Ce module est placé dans le même boîtier que celui de l'alimentation

Comme on l'a vu au § précédent, lorsque le courant limite est atteint, le 723 réduit la tension Um et le courant i délivrés au moteur selon Um=U*(i-iC)/(iL-iC).
C'est cette baisse de tension qui est exploitée pour délivrer la commande SC qui provoque l'arrêt d'alimentation du moteur.

On utilise pour cela le comparateur 311 qui reçoit sur son entrée non inverseuse V+ la tension délivrée au moteur et sur son entrée inverseuse V- un seuil réglable par P3. La logique est donc :

Si U+>U- alors SC=1 et le portail fonctionne normalement.
Si U+<U- alors SC=0 et le portail s'arrête.

Le réseau R7, C8 filtre les brefs appels de courant provoqués par les démarrages du moteur et le réseau R7, R8 divise la tension délivrée par 2 afin que son niveau soit compatible de l'alimentation du comparateur qui est prise sur le 12 V.

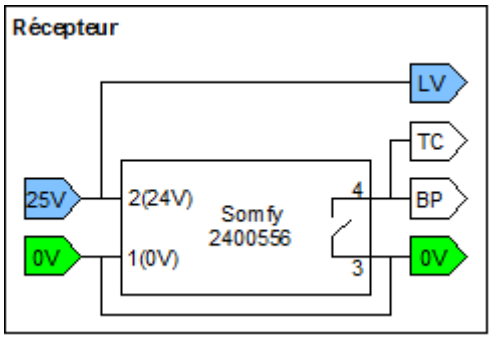
Afin de profiter au mieux de la limitation de puissance avant de couper l'alimenation, le seuil Ua=U- doit correspondre à la valeur de Um pour laquelle le moteur s'arrête de tourner mais continue à consommer. Cette valeur est au pire Um=10 V pour i=3,5 A (voir Annexe 6). Donc Ua doit être ajusté à Um/2=5 V.

L'alimentation du moteur est donc coupée lorsque sa puissance est limitée à PL=10*3,5=35 W.

Sans la limitation de puissance, l'alimentation du moteur aurait été coupée plus brutalement puisque son courant aurait été alors de 4 A sous une tension de 14 V soit 14*4=96 W.
Cela permet aussi d'épargner le moteur ainsi que les relais qui commutent son alimentation.

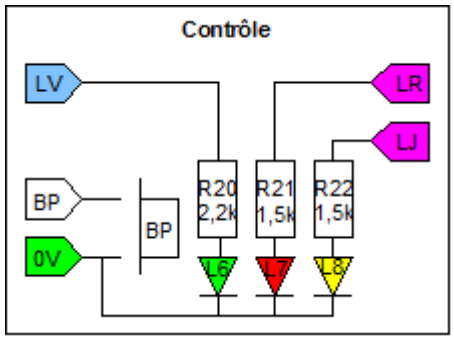
Note : Il est possible de prendre l'alimentation du comparateur sur le 24 V pour économiser une connexion (celle du 12 V) et la résistance R8 (car plus besoin de diviser par 2). Le choix du 12 V qui est régulé, contrairement au 24 V, apparaît toutefois meilleur pour la stabilité du comparateur et du seuil.

RECEPTEUR



Le récepteur est le modèle 2400556 de SOMFY choisi pour sa compatibilité avec la télécommande Keytis dont je dispose déjà pour ma porte de garage. Le premier bouton de cette télécommande commande donc la porte de garage et le second le portail.
Sa fréquence est 433,42 Mhz. La portée atteinte dépasse les 100 m.
Il nécessite une alimentation continue de 24 à 40 V ou alternative 50 Hz de 20 à 28 V.
Sa documentation ne dit rien sur sa consommation et je ne l'ai pas mesurée.
Il dispose de 2 contacts secs qui se ferment pendant toute la durée d'émission, chacun pouvant être commandés par 16 télécommandes et chacun capable de commuter 24 V/3 A continu ou 50 V/3 A alternatif.
Ici, on utilise un seul contact dont l'une des bornes est mise à 0 V pour constituer la commande TC qui manœuvre le portail.
Ce module est placé dans le garage, à proximité du module Contrôle pour limiter les longueurs des connexions.

CONTROLE



Ce module permet la commande manuelle par bouton poussoir et dispose de 3 voyants matérialisant la mise sous tension par la LED verte L6 et l'état du portail par les LED rouge L7 et jaune L8.
Le tableau suivant donne les états des LED selon les états du portail.

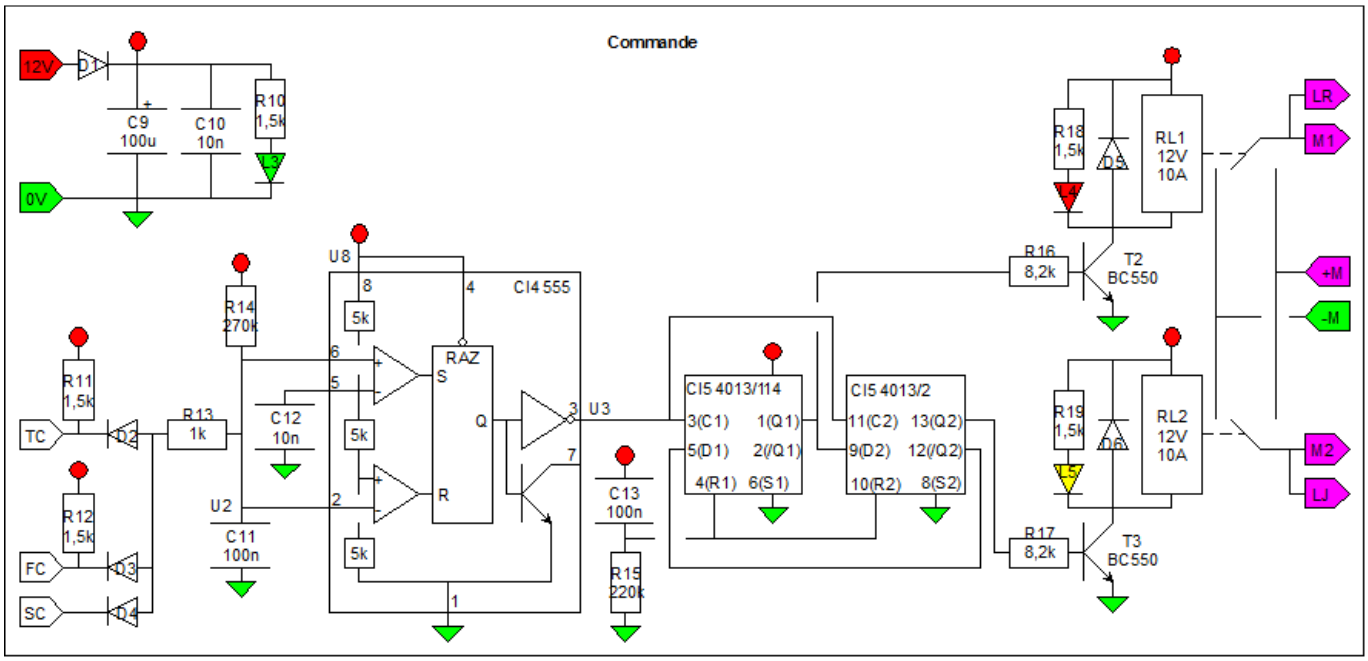
Portail	LED verte	LED rouge	LED jaune
Fermé ou arrêté en fermeture	Allumée	Eteinte	Eteinte
Ouverture	Allumée	Allumée	Eteinte
Ouvert ou arrêté en ouverture	Allumée	Allumée	Allumée
Fermé	Allumée	Eteinte	Allumée

L'arrêt en ouverture ou fermeture est volontaire ou provoqué par un obstacle.

Ce module est placé dans le garage, dans un endroit accessible et visible, à proximité du récepteur pour limiter les longueurs des connexions.

Note : Les LED L1 du module Alimentations et L3, L4 et L5 du module Commande viennent en double de celles de ce module. Elles peuvent être supprimées dans les modules Alimentations et Commande dans lesquels elles ont été placées pour aider à la conception mais elles peuvent aussi être maintenues pour aider au dépannage.

COMMANDE



La diode D1 protège d'une erreur de polarité sur le branchement du 12 V.

Les diodes D2 à D4 constituent un OU pour les entrées SC (sécurité), FC (fins de course) et TC (télécommande ou manuelle). Il suffit donc que l'une au moins de ces entrées passe à 0 pour décharger le condensateur C11 à travers R13 et qu'aucune de ces entrées ne soient à 0 pour permettre la charge de C11 à travers R14.

Le 555 assure la fonction d'anti rebonds (voir Annexe 3), le 4013 commande les transistors T2 et T3 qui activent les relais RL1 et RL2 qui commutent l'alimentation du moteur.

Les diodes D5 et D6 protègent les transistors des courants inverses induits par les effets selfiques des bobines des relais lors de la coupure de leur alimentation.

Les LED L4 et L5, facultatives (voir § Commande manuelle et Contrôle), témoignent du fonctionnement selon la même logique que celles décrite au § Commande manuelle et Contrôle.

Ce module est placé dans le garage au plus près du module Alimentations et Sécurités.

Circuit 4013

On utilise les 2 bascules D d'un circuit 4013.

Logique des bascules

- Si R=S=0, Q=valeur précédente de D lors d'un front montant sur C.
- Q inchangé sur un front descendant de C.
- Si R=1, Q=0.
- Si S=1, Q=1.
- Si R=S=1, Q=/Q=1.

Mise sous tension

Le réseau R15, C13 permet, à la mise sous tension, d'imposer furtivement R1=R2=1 donc Q1=Q2=0 et donc l'initialisation du portail en position fermé ou arrêté en fermeture.
Au bout d'environ 0,7*R15*C13=15 ms, C13 sera chargée au travers de R15 et on retrouvera R1=R2=0.

Fonctionnement

Sur chaque front montant sur C1=C2, Q1=Valeur précédente de D1 et Q2=Valeur précédente de D2.
Comme D1=/Q2 et D2=Q1, Q1=Valeur précédente de /Q2 et Q2=Valeur précédente de Q1.

Logique normale du portail

Front montant sur C1=C2	Q1	Q2	Portail
	0	0	Fermé
TC ou BP	1	0	Ouverture
FCO	1	1	Ouvert
TC ou BP	0	1	Fermeture
FCF	0	0	Fermé

Chaque appui sur la télécommande ou le bouton poussoir provoque alternativement l'ouverture et la fermeture du portail.

Arrêt volontaire ou de sécurité sur ouverture

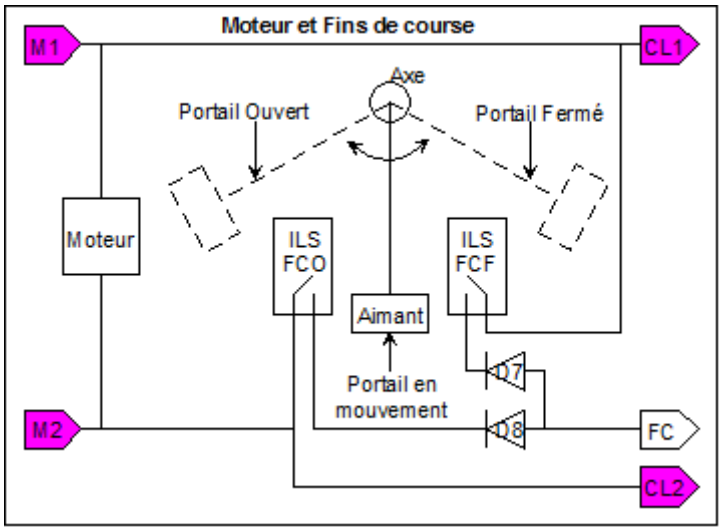
Front montant sur C1=C2	Q1	Q2	Portail
	0	0	Fermé
TC ou BP	1	0	Ouverture
TC, BP ou SC	1	1	Arrêt
TC ou BP	0	1	Fermeture
FCF	0	0	Fermé

Arrêt volontaire ou de sécurité sur fermeture

Front montant sur C1=C2	Q1	Q2	Portail
	1	1	Ouvert
TC ou BP	0	1	Fermeture
TC, BP ou SC	0	0	Arrêt
TC ou BP	1	0	Ouverture
FCO	1	1	Ouvert

La commande après chaque arrêt volontaire ou de sécurité fait donc repartir le portail en sens inverse.

MOTEUR ET FINS DE COURSE



Le moteur et les fins de course sont fixés sur une platine en L vissée sur une petite semelle en béton.
Une petite construction amovible en brique protège l'ensemble des intempéries et des petites mains curieuses.

Moteur

Il s'agit d'un moteur d'essuie glaces de voiture récupéré en casse auto.
Un tel moteur possède généralement 2 enroulements, l'un dédié à la vitesse lente et l'autre à la vitesse rapide.
Leurs vitesses et consommations sont variables selon la voiture qu'ils équipent, mais en moyenne, on peut estimer que, lorsqu'ils sont alimentés en 12 V :

- Sur la position lente, il tourne à environ 40 tr/mn et réclame 1 A.
- Sur la position rapide, il tourne à environ 60 à 75 tr/mn et réclame 1,5 à 2,5 A.

Leur vitesse et consommation augmentent avec la tension d'alimentation, et ils acceptent une large plage de tension d'alimentation. Leur couple est néanmoins probablement optimisé pour être au maximum dans la plage habituelle d'une batterie de voiture soit entre 12 et 14 V.

Celui utilisé tourne à 48 tr/mn et consomme 2,5 A sous 14 V (voir Annexe 6).

Il est capable d'entraîner un portail de 100 kg à 0,2 m/s, permettant ainsi une ouverture ou fermeture en 15 s (Voir Annexe 4).

Fins de course

Les fins de course en position ouvert (FCO) et fermé (FCF) sont constitués chacun d'un interrupteur à lames souples (ILS) devant lequel un balancier actionné par des cames fixés aux 2 extrémités du portail fait passer un aimant. Ce système a été utilisé et décrit dans la version 2.

Le balancier doit être conçu en prenant en compte les points suivants :

- En fin de course, l'aimant doit passer devant l'interrupteur correspondant pour le fermer puis dépasser la position de cet interrupteur afin de l'ouvrir à nouveau. Le maintien de l'interrupteur en position fermé interdit en effet toute commande ultérieure.
- Lorsque le portail quitte sa position de fin de course, le balancier doit revenir à sa position d'équilibre verticale sans faire passer l'aimant devant l'autre interrupteur. Sinon, le portail s'arrête.

Lorsque le portail quitte sa position, le passage de l'aimant devant l'interrupteur du côté duquel il se trouve n'a aucune influence car l'interrupteur se ferme alors sur une tension positive alors que le module Commande ne réagit que sur front descendant.

La modification présente résulte en l'introduction des 2 diodes D7 et D8 qui fait gagner un câble de connexion entre la partie garage et la partie extérieure.

J'ai toutefois renoncé à utiliser ce système car il est arrivé parfois que le balancier restait coincé d'un côté sans revenir à sa position d'équilibre mais sans dégât car la sécurité d'obstacle se déclenchait lorsque le portail arrivait sur les butées d'extrémité.

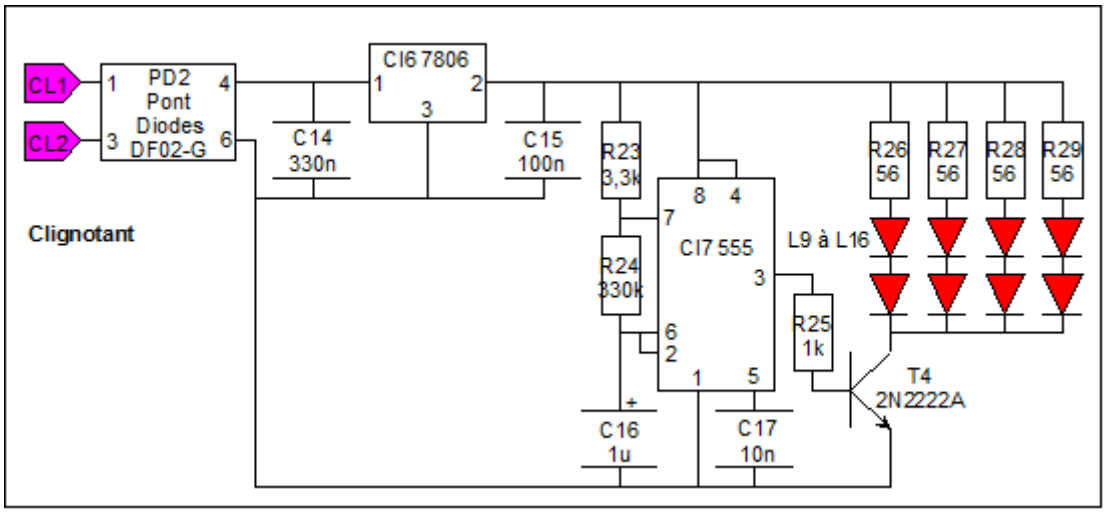
Du fait du renforcement de la sécurité d'obstacle (limitation du courant et arrêt d'alimentation du moteur) et de la mise en place d'un clignotant attestant de l'arrêt d'alimentation du moteur en fins de course du portail, j'ai préféré utiliser la sécurité d'obstacle comme fins de course.
Cela permet par ailleurs de valider le bon fonctionnement de cette sécurité lors de chaque mouvement du portail et de gagner encore un câble de connexion entre la partie garage et la partie extérieure. Il ne reste ainsi plus que 2 câbles entre le garage et le moteur.

Afin alléger l'effort du moteur lorsqu'il arrive sur les butées, j'ai remplacé ces dernières par des équerres conçues de telles façon que leur effet ressort amortisse l'arrêt du portail et qu'elles puissent revenir à leur position initiale lorsque le portail les quitte (voir § Photos).
L'arrêt est d'ailleurs moins brutal qu'avec le système précédent qui coupait subitement le courant alors que maintenant il se coupe après avoir progressivement diminué au fur et à mesure de la croissance de l'effort.

Un système à ressort peut certainement aussi fonctionner.

J'ai toutefois conservé la commande FC à l'entrée du module de commande pour ceux qui souhaitent conserver des fins de course traditionnels.

CLIGNOTANT



Ce module sert d'avertisseur de danger lors de la mise en mouvement du portail mais sert aussi à s'assurer que le moteur n'est plus alimenté lorsque le portail est arrivé en fins de course.

Les connexions CL1 et CL2 sont prises aux bornes M1 et M2 du moteur.
La lumière est générée par 8 LED haute luminosité (Voir annexe 5) qui clignotent grâce à un 555.

Ce module est placé à l'extérieur, visible de tous (sur un pilier par exemple) sous une coupole transparente. Cette dernière a été récupérée mais vous pouvez utiliser un boîtier transparent ou un catadioptre de phare arrière ou de feu stop de véhicule.

Il est composé de 2 circuits imprimés superposés par une entretoise. Le premier circuit s'arrête au collecteur de T4, et le second comprend les LED et les résistances série.

Note : Si vous manquez de place dans la coupole, vous pouvez placer le premier circuit dans un boîtier fixé sur la platine moteur et le second sous la coupole.

Pont de diodes

Il sert à redresser la tension appliquée au moteur du fait de l'inversion de celle-ci selon que le portail s'ouvre ou se ferme.
Note : Il a été choisi en circuit intégré mais il peut être remplacé par 4 diodes montées en pont.

Régulateur

Il sert à éviter que la luminosité du clignotant varie avec la tension appliquée au moteur donc avec la vitesse choisie. Comme la tension appliquée au moteur varie de 12 à 16 V à laquelle il faut retirer 1,4 V de chute dans le pont de diodes et que la différence entre l'entrée et la sortie du régulateur doit être supérieure à 2,5 V, il faut :

Vreg<12-1,4-2,5=8,1 V

On choisit Vreg=6V donc un régulateur 6 V.

555

Il est monté en astable pour assurer une fréquence de clignotement F=2 Hz.
La période est T=1/F=th+tb avec th et tb les durées respectives à l'état haut et bas de la sortie du 555.
th=0,693*(R23+R24)*C16 (charge du condensateur).
tb= 0,693*R24*C16 (décharge du condensateur).
Prenons R23<<R24, alors t=th=tb=0,693*R24*C16 et donc 2*t=1/F soit R24*C16=1/(2*0,693*F)=0,361
Avec C16=1 µF, il faut donc R24=361 kΩ.
On choisit les valeurs normalisées R24=330 kΩ et R23=R24/100=3,3 kΩ.
Le calcul inverse avec les valeurs normalisées conduit à :

th=0,23 s et tb=0,23 s
T=0,46 s soit F=2,2 Hz.

Note : Le 555 peut être supprimé si on utilise des diodes clignotantes de luminosité suffisante.

Le 555 peut fournir ou conduire jusqu'à 200 mA sur une charge référencée au 0 ou au + de l'alimentation.
Le courant nécessaire au clignotant traverse, comme celui du moteur, la résistance qui déclenche le dispositif de sécurité. Pour maintenir la sensibilité de ce dispositif au courant moteur, il est alors préférable que le courant d'alimentation du clignotant soit bien inférieur au courant moteur. On choisit donc un courant disponible pour les LED limité à id=100 mA.

Toutefois, les niveaux des états bas ou haut de sortie du 555 peuvent être très différents des niveaux bas et haut de l'alimentation et varient avec la tension d'alimentation, le courant de sortie et la température. Ceci est dû aux tensions de saturation entre collecteur et émetteur des transistors de sortie montés en totem pole.
Ainsi par exemple pour une alimentation de 5 V et un courant de sortie de 20 à 100 mA, l'état bas varie de 0,2 à 2 V et l'état haut de 3,5 à 3,4 V. L'amplitude résultante varie donc de 3,3 à 1,4 V, ce qui est une variation trop importante et une amplitude trop faible pour alimenter directement les LED.

Pour pallier ceci, on adjoint en sortie du 555 le transistor T4 utilisé en saturation.
T4 est un 2N222A capable de 800 mA et de gain G>100 de 20 à 100 mA.
Sont Vcesat est faible et varie peu. Vcesat =0,05 à 0,1 V de 20 à 100 mA
La tension disponible pour les LED est donc supérieure à Vd=6-0,1=5,9 V.
Pour que le transistor soit bien saturé, il faut que lorsqu'il conduit son courant de base ib>100/G=1 mA et lorsqu'il est bloqué son Vbe<0,6 V.
Si on prend ib=4mA, l'état bas du 555 est <0,1 V donc on respecte Vbe<0,6 V et son état haut étant >4,6 V, il faut R25<(4,6-0,6)/4=1 kΩ.

REGLAGES

Les réglages consistent à ajuster la vitesse du portail, la limitation de courant puis la sécurité d'arrêt.

Vitesse du portail

1. Ajuster P2 sur iLmax (donc ULmin)
2. Ajuster P3 sur Uamin (0 V, donc pas de sécurité d'arrêt)
3. Ajuster P1 sur Umin (12V).
4. Commander des manœuvres de mouvement et d'arrêt sans aller jusqu'aux butées
   Le voyant rouge doit s'allumer dans le sens d'ouverture et le voyant jaune dans le sens de fermeture.
5. Si la vitesse du portail est insuffisante, recommencer à l'étape 3 en augmentant U.

Limitation de courant

1. Ajuster P3 sur Uamin (0 V, donc pas de sécurité d'arrêt)
2. Ajuster P2 sur iLmin (donc Ulmax)
3. Commander des manœuvres de mouvement et d'arrêt sans aller jusqu'aux butées.
   Le voyant rouge doit s'allumer dans le sens d'ouverture et le voyant jaune dans le sens de fermeture.
4. Si le portail ne démarre pas ou s'arrête ou ralentit, recommencer à l'étape 2 en augmentant iL.
5. Augmenter légèrement iL par sécurité.

Sécurité d'arrêt

1. Ajuster P3 sur Uamin (0 V, donc pas de sécurité d'arrêt)
2. Commander une ouverture jusqu'à la butée.
   Le voyant rouge doit être allumé et le voyant jaune éteint pendant le mouvement et à l'arrivée sur la butée.
3. Augmenter Ua jusqu'à ce que le voyant jaune s'allume.
4. Commander une fermeture jusqu'à la butée.
   Le voyant rouge doit être éteint et le voyant jaune allumé pendant le mouvement.
5. Si le voyant jaune ne s'éteint pas à l'arrivée sur la butée, augmenter Ua jusqu'à ce qu'il s'éteigne.
6. Augmenter légèrement Ua par sécurité.

Vérification finale

1. Commander des ouvertures et fermetures jusqu'au butées.
   Le voyant rouge doit s'allumer et le clignotant doit fonctionner à l'ouverture.
   Le voyant jaune doit s'allumer et le clignotant doit fonctionner à la fermeture.
   Les voyants rouge et jaune doivent être allumés et le clignotant ne doit pas fonctionner en position ouvert.
   Les voyants rouge et jaune doivent être éteints et le clignotant ne doit pas fonctionner en position fermé.
2. Commander une ouverture, retenir le portail à la main et vérifier qu'il s'arrête.
3. Commander une fermeture, retenir le portail à la main et vérifier qu'il s'arrête.

COMPOSANTS

Circuits intégrés	Valeur
CI1	Régulateur LM 723 ou LAS 723
CI2	Régulateur 7812
CI3	Comparateur LM 311
CI4, CI8	Multivibrateur NE 555
CI5	Bascule 4013
CI6	Pont de diodes
CI7	Régulateur 7806
2 Supports CI	2*7 broches
3 Supports CI	2*4 broches
1 Support CI	2*3 broches

Transistors	Valeur
T1	PMD 18K40
T2, T3	BC550
T4	2N2222A

Résistances	Valeur
R1	0,15 Ω/5 W
R2	100 Ω
R3	2,7 kΩ
R4, R20	2,2 kΩ
R5	Voir § Alimentations
R6	Voir § Alimentations
R7, R8	12 kΩ
R9, R10, R11, R12, R18, R19, R21, R22	1,5 kΩ
R13, R25	1 kΩ
R14	270 kΩ
R15	220 kΩ
R16, R17	8,2 kΩ
R23	3,3 kΩ
R24	330 kΩ
R26, R27, R28, R29	56 Ω

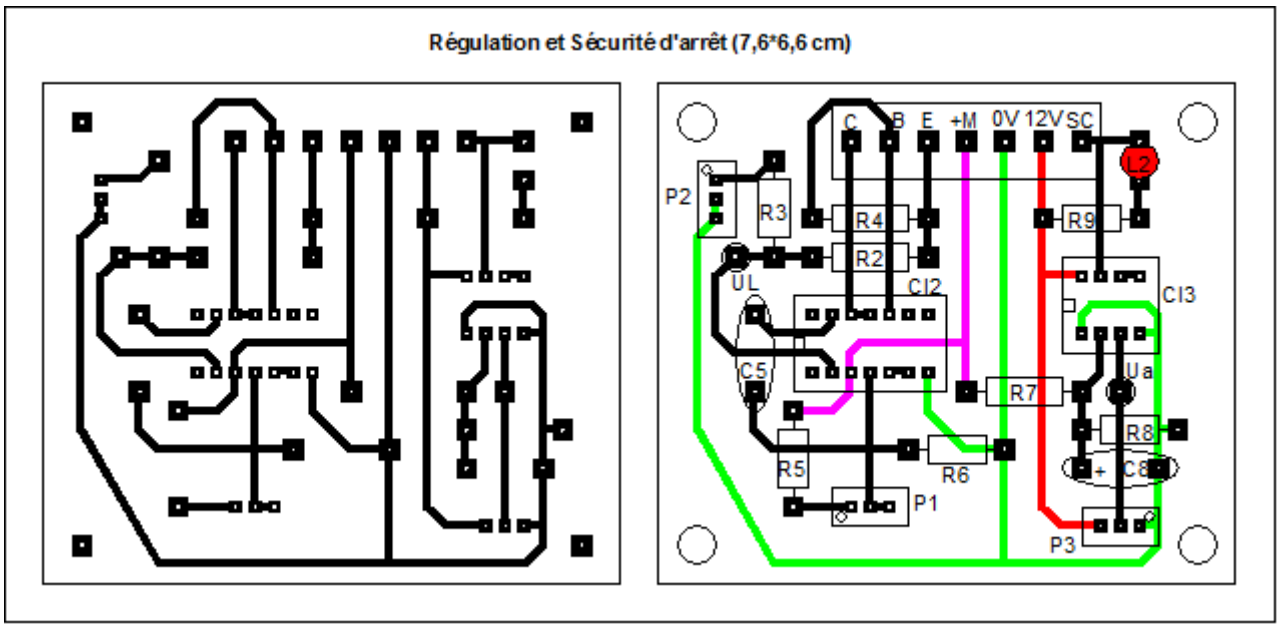
Condensateurs	Valeur
C1, C3	4700 µF/35 V
C2	100 nF/35 V
C3, C6	4700 µF/25 V
C4	2,2 nF/25 V
C5	1 nF/25 V
C7, C10, C12, C17	10 nF/25 V
C8	15 µF/25 V
C9	100 µF/25 V
C11, C13, C15	100 nF/25 V
C14	330 nF/16 V
C16	1 µF/16 V

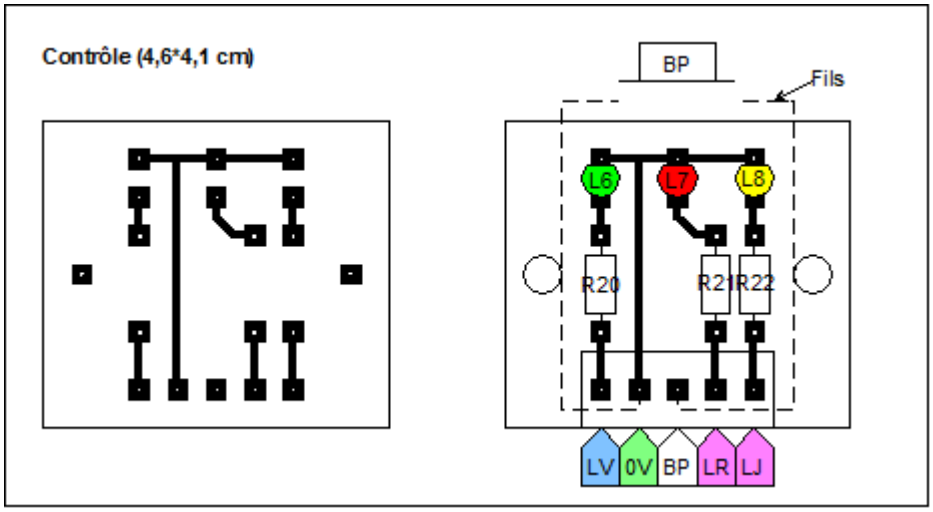
Diodes et LED	Valeur
D1 à D6	1N4148
L1, L3, L6	Verte
L2, L4, L7	Rouge
L5, L8	Jaune
L9 à L18	Haute luminosité 20 mA/2,3 V

Autres	**Valeur**
TR1	Transformateur 18 V/90 VA
PD1	Pont de diodes 5 A
3 radiateurs	CO224P/75 mm
Fusible et Porte fusible	220 V/0,5 A
Interrupteur Marche/Arrêt	220 V/2 A
Bouton poussoir de commande manuelle	24 V/100 mA
Borniers au pas de 2,54 mm	25 broches
Circuits imprimés époxy simple face ou cartes époxy simple face pré-percées	2,5 dm^2
Boîtiers et raccordements	Voir § Photos
Moteur d'essuie-glace	12 V/4 A max
Portail, Pignon, Crémaillère et Fins de course	Voir Version 1 & 2

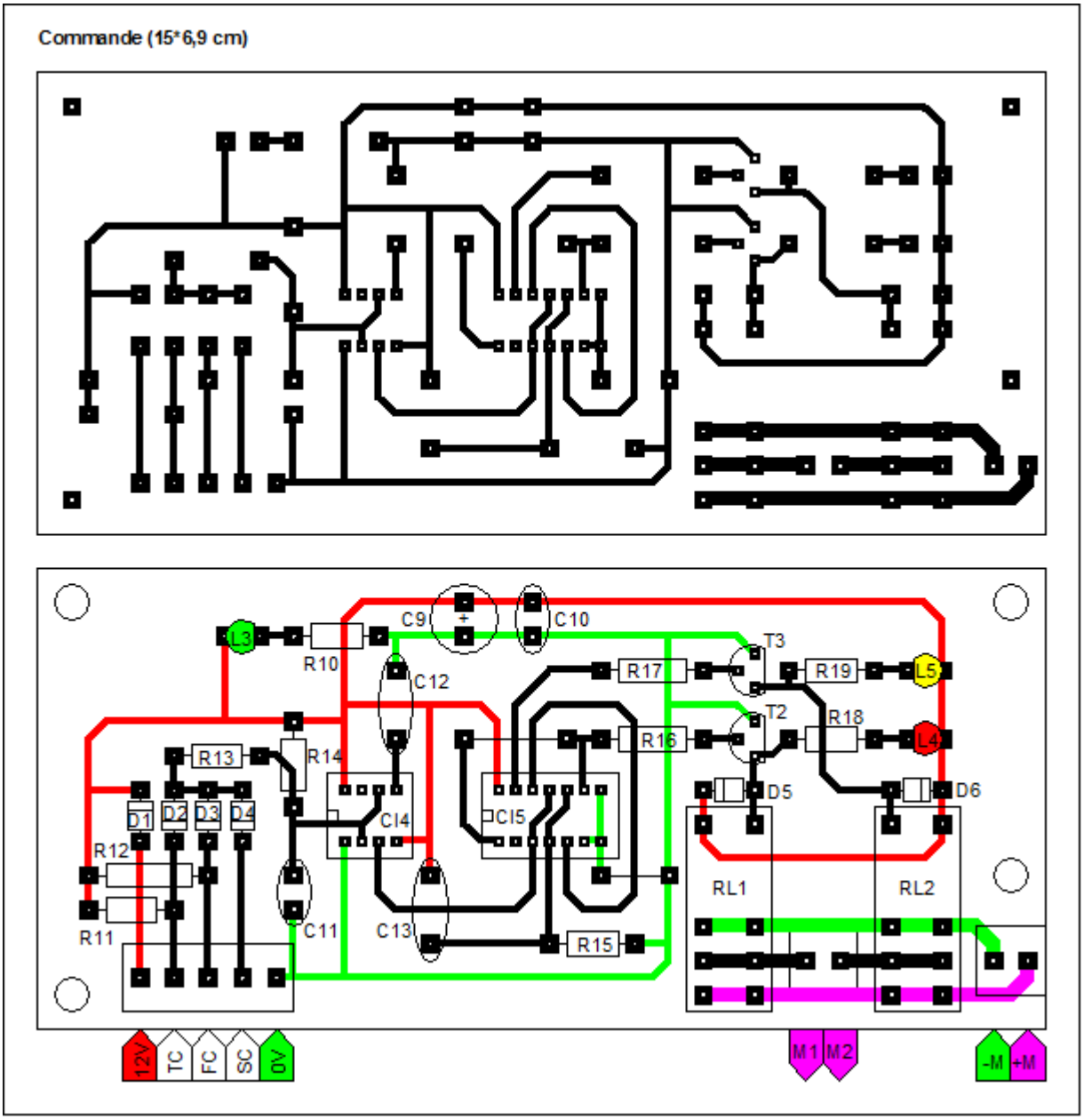
CIRCUITS IMPRIMES

J'ai utilisé des cartes pré-percées mais je propose néanmoins les routages pour circuits gravés.
Ceux-ci peuvent légèrement différés de ceux réalisés car ils prennent en compte des améliorations sur l'implantation des composants.
Les images ont pu être légèrement déformées par leur copie dans ce document. Il convient donc de s'assurer de la bonne échelle avant réalisation des typons ou bien re-router les circuits dans un logiciel de conception de circuits imprimés.
Les dessins sont vus de la face composants.



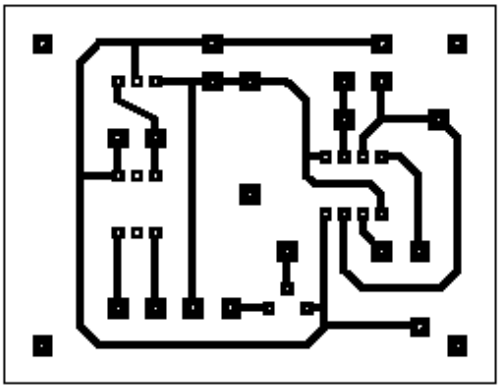


Commande (15*6,9 cm)

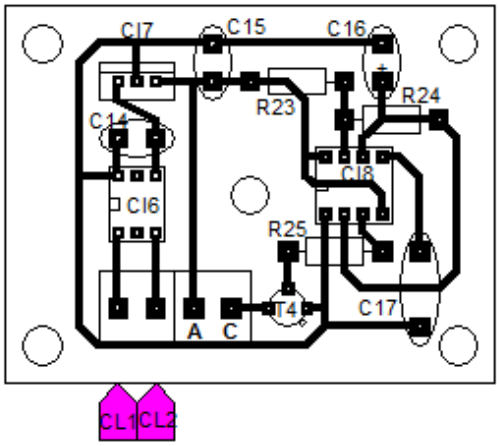


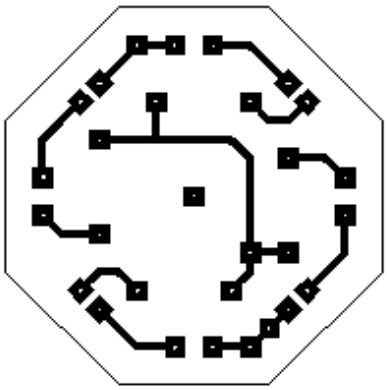
Clignotant (6,6*5,1 cm et 5,1*5,1 cm)

Les 2 circuits sont superposés par une entretoise fixée en leur centre.
A et C du circuit 1 sont respectivement reliés par des fils à A et C du circuit 2.
Ces fils sont vissés sur le bornier du circuit 1 et soudés sur le circuit 2.



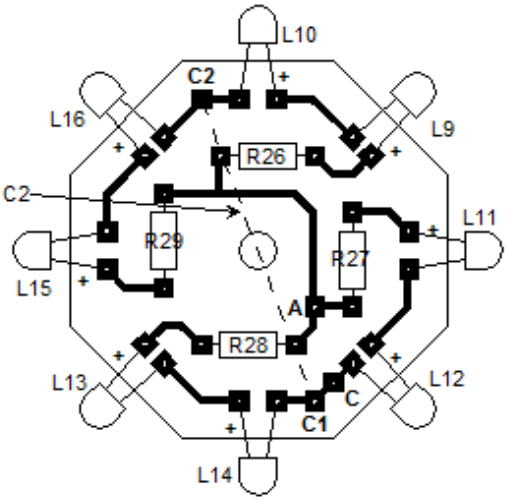
Circuit 1





Circuit 2

Fil reliant C1 et C2



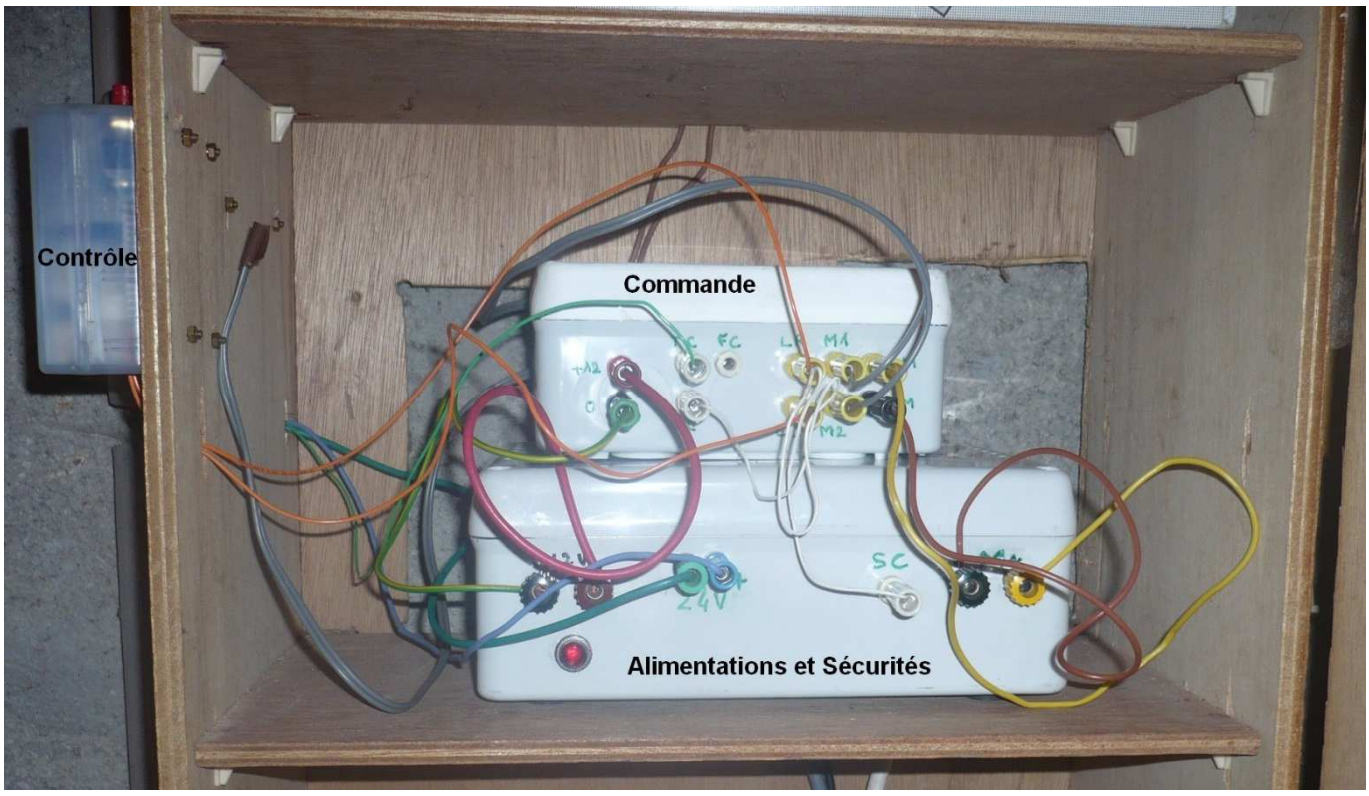
PHOTOS

Vues d'ensemble

Extérieur

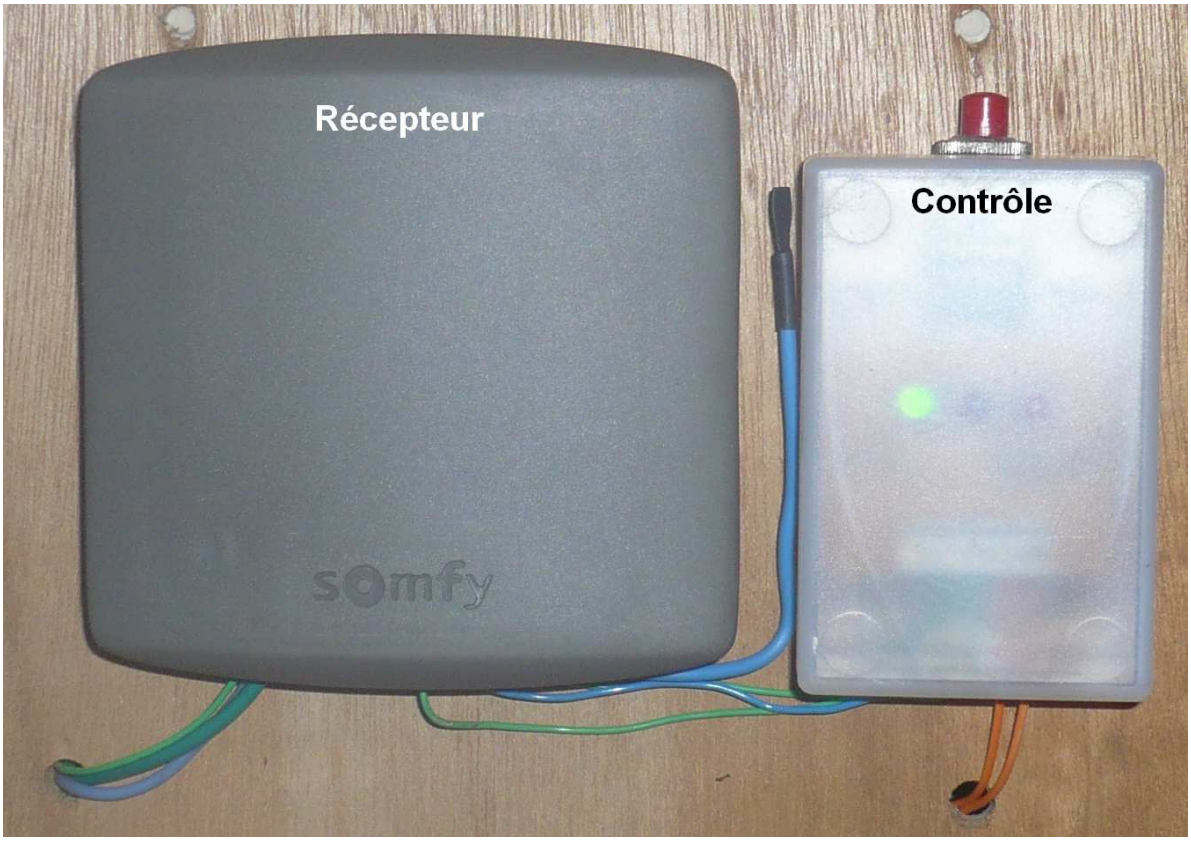
Intérieur

Les boîtiers Commande et Alimentations et Sécurités sont dans un placard dans le garage.
Les boîtiers Récepteur et Contrôle sont fixés sur le flanc gauche du placard.
Les fils de connexions peuvent être mieux rangés que je ne l'ai fait. Ils sont plus longs que nécessaire de façon à pouvoir écarter les 2 boîtiers pour accéder à leur intérieur.

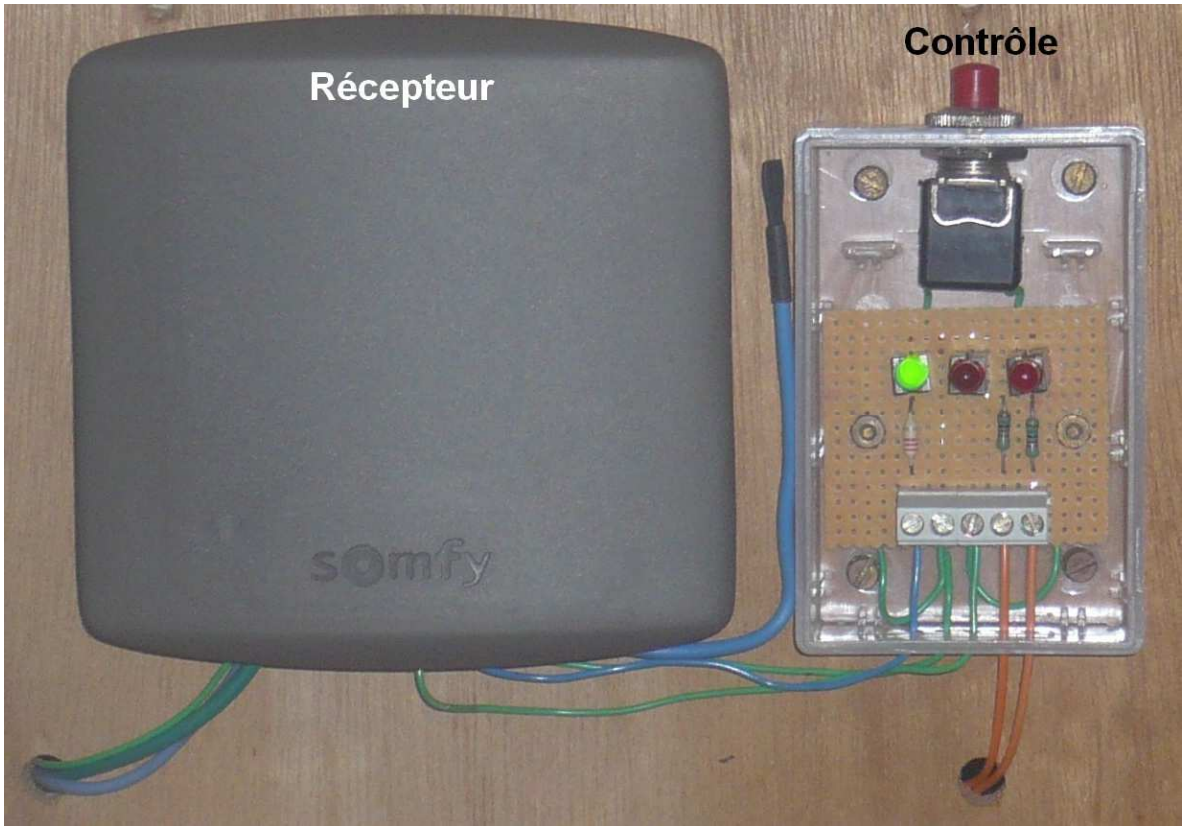


Récepteur et Contrôle

Le module Contrôle est dans un boîtier semi transparent pour voir les LED.
Le fil bleu vertical est l'antenne du récepteur.

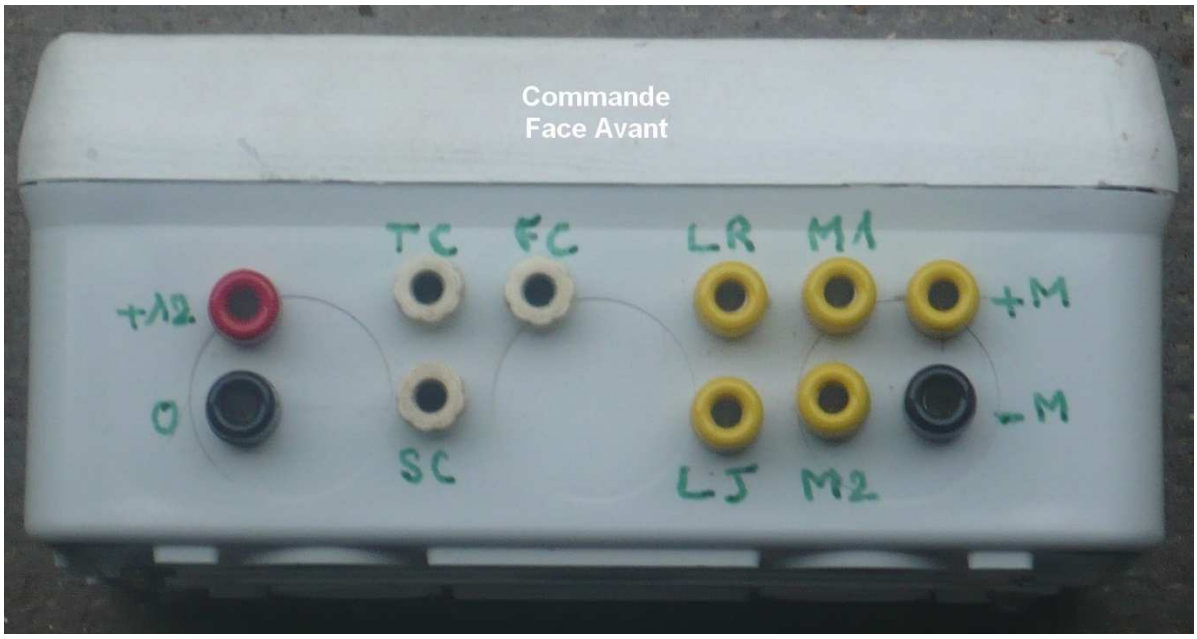


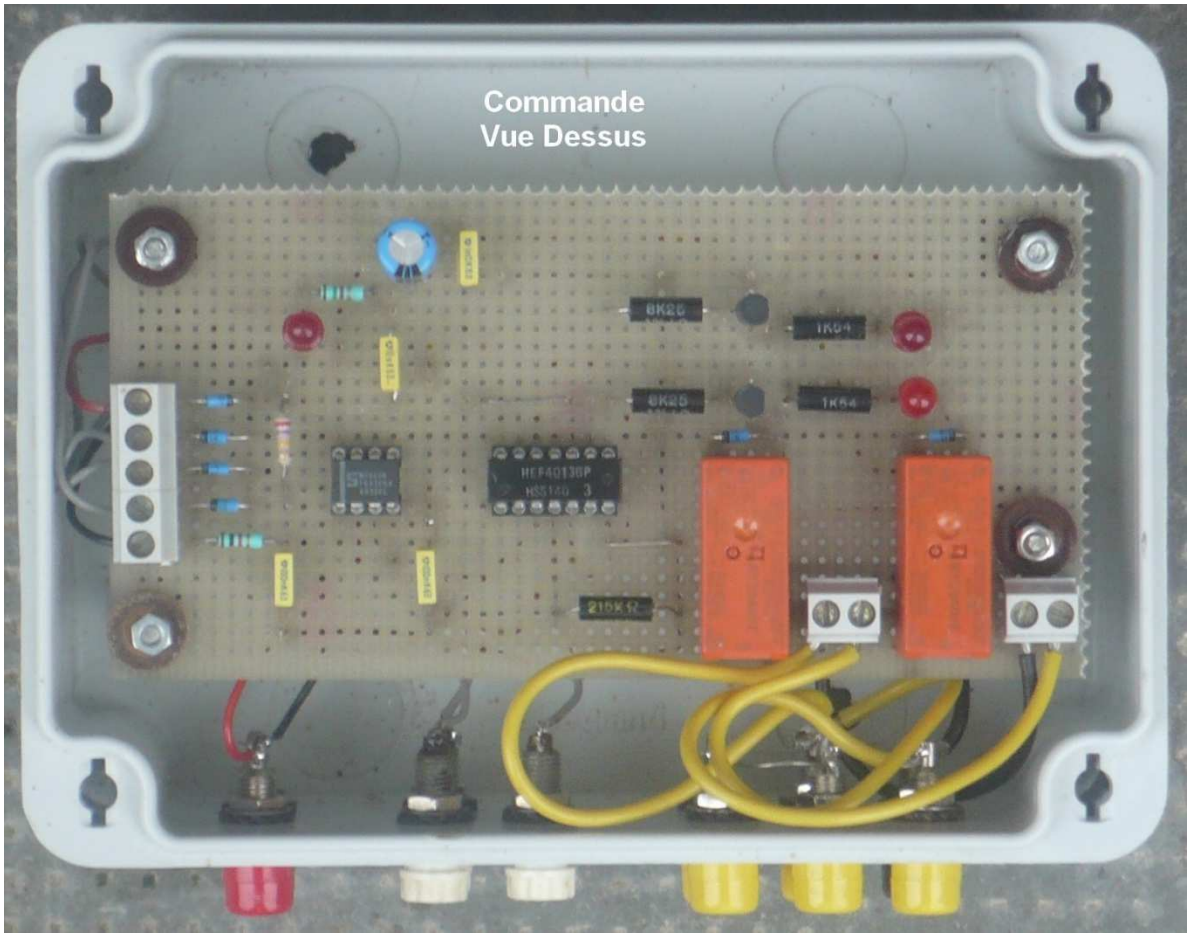
Pareil mais sans le couvercle du module Contrôle. Je n'avais pas de LED jaune donc c'est 2 LED rouges.



Commande

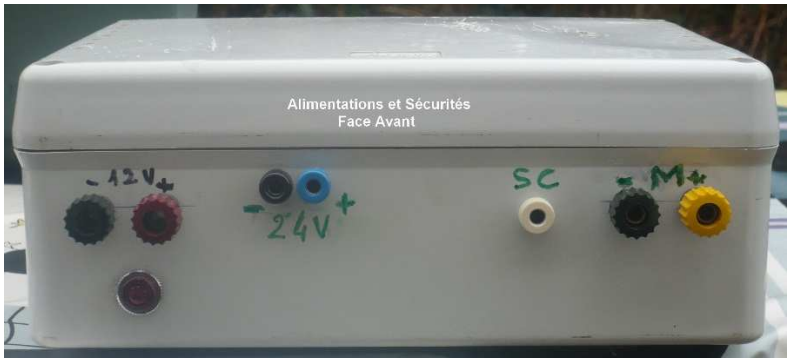
Le module Commande est dans un boîtier de dérivation PVC 160*120*70 mm.
Le routage est légèrement différent de celui proposé sur lequel le bornier d'entrée (à gauche) est sur l'avant pour faciliter les connexions.

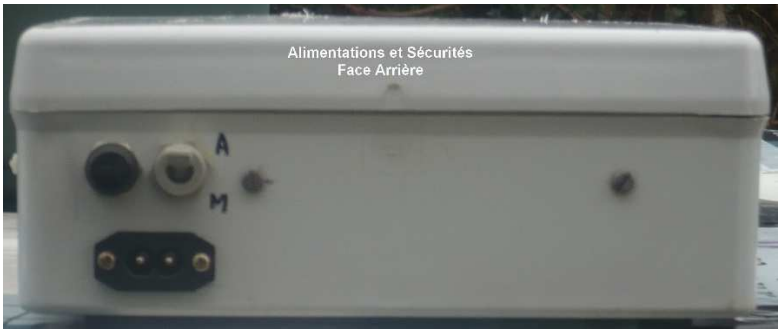




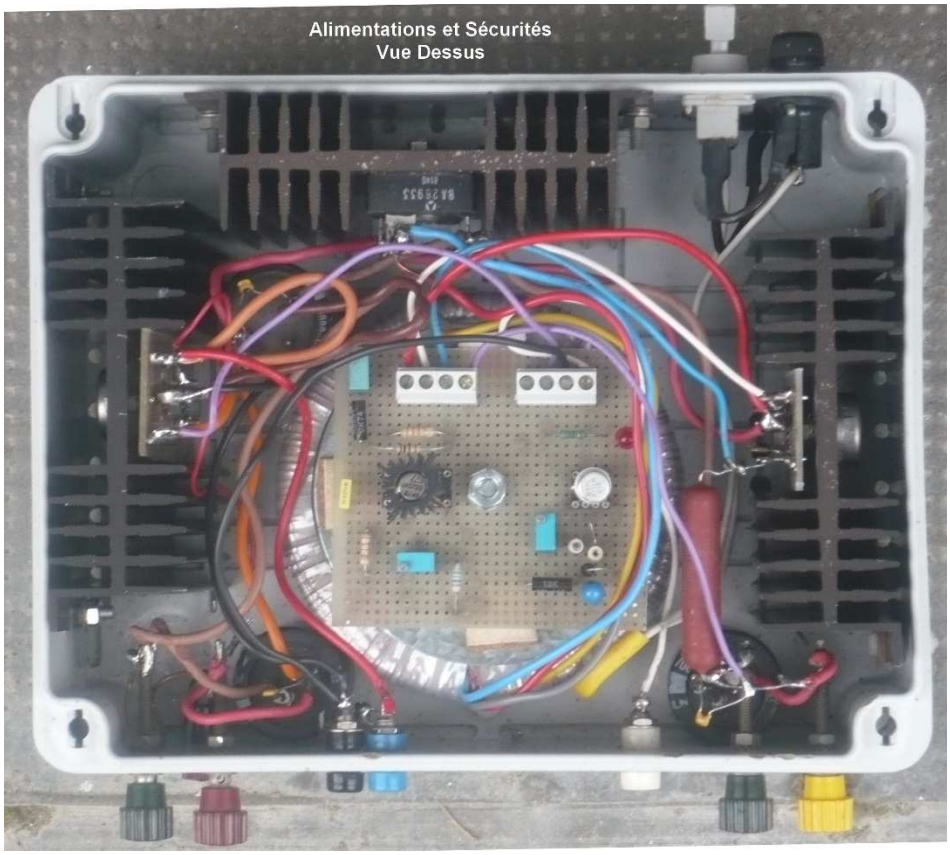
Alimentations et Sécurités

Ils sont dans un boîtier de dérivation PVC 220*175*85.
Le fond et le couvercle sont percés au droit des radiateurs pour assurer une meilleure dissipation thermique.

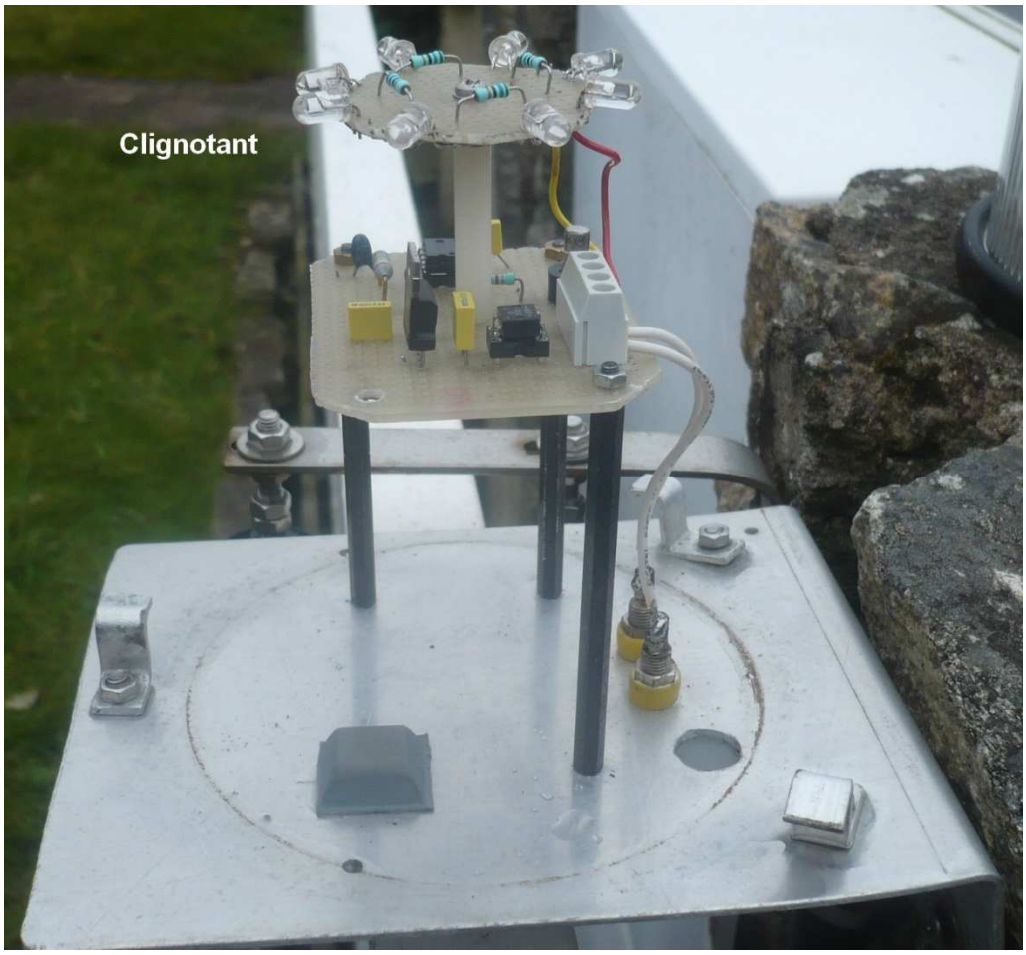




Les 3 radiateurs sont disposés autour du transformateur torique. Le pont de diodes est au fond, le régulateur 12 V à gauche et le transistor de puissance T1 à droite. La résistance rouge, devant à droite, est R1.
Le circuit de régulation et d'arrêt est au centre, fixé au-dessus du transformateur sur son axe de maintien.
Son routage est légèrement différent de celui proposé qui est plus compact et dont les borniers sont jointifs.



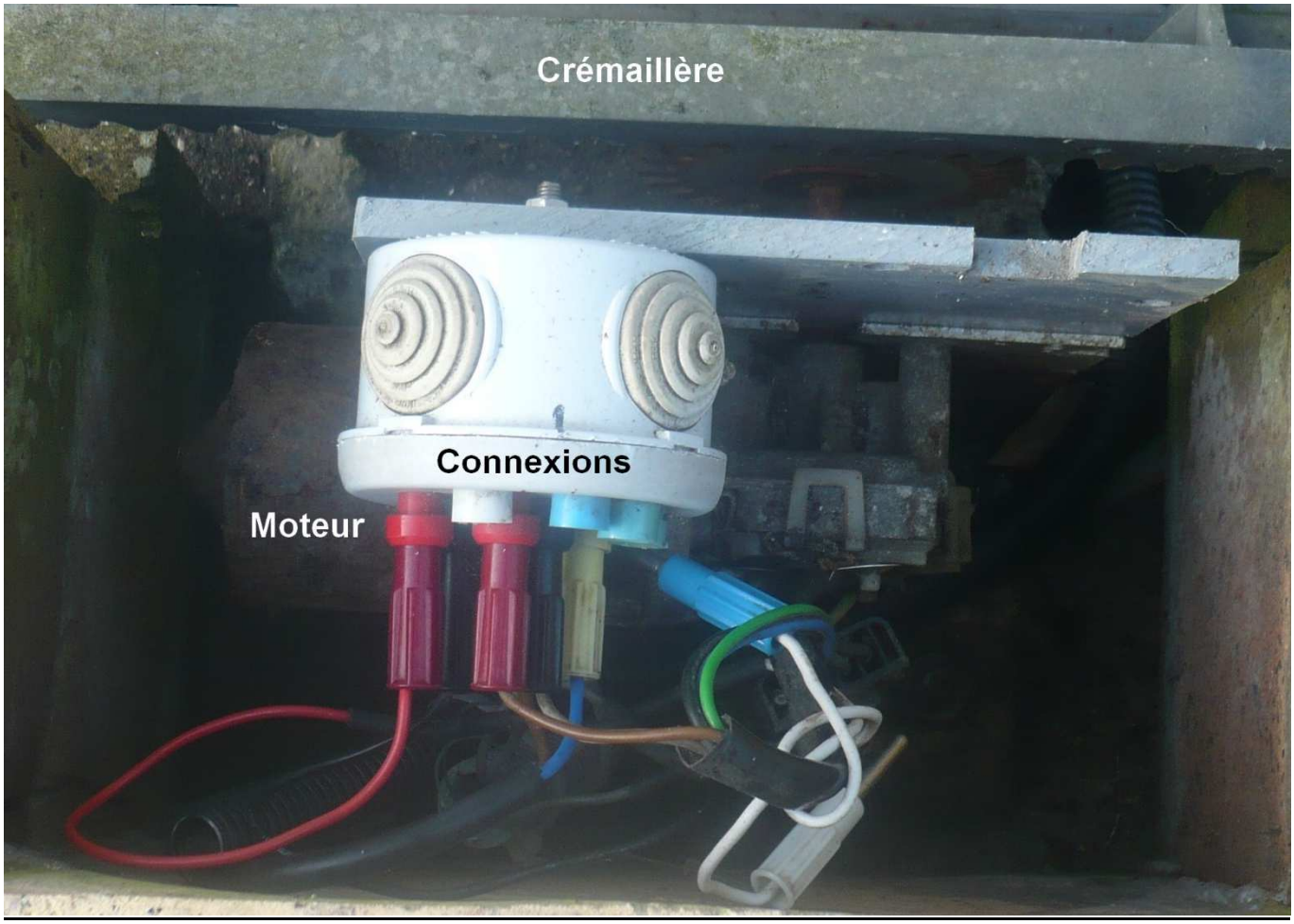
Clignotant



Moteur

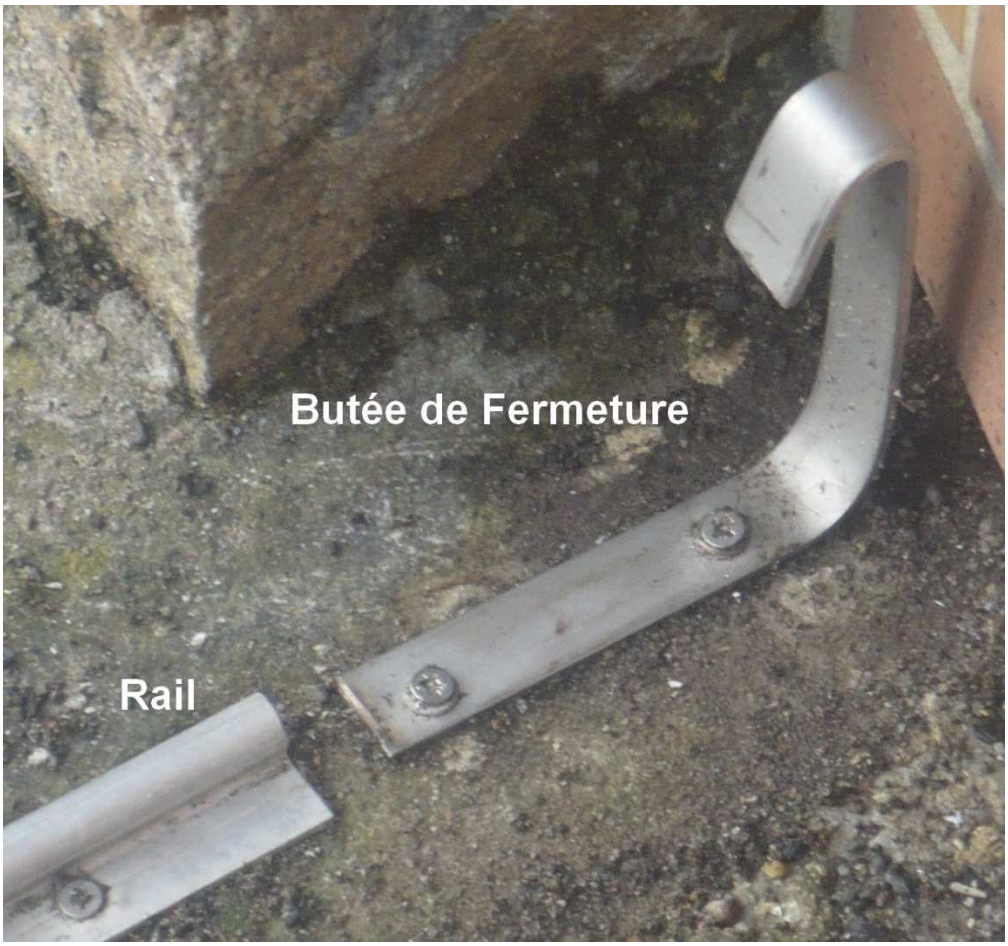
On devine le moteur sous la boîte de connexions qui assure les liaisons avec le garage et le clignotant.
Les 2 fils blancs non connectés sont réservés aux fins de course non utilisés.

Il est bien rouillé extérieurement mais tourne sans faiblir depuis 22 ans.



Butées

Les butées sont confectionnées dans du plat inox 20*2 mm.
Noter le rail utilisé qui n'est pas classique. Il s'agit de profilés en aluminium raboutés moins cher qu'un rail habituel.



ANNEXE 1
Calculs thermiques pour les alimentations

Rjas=Résistance thermique entre la jonction et l'air ambiant sans radiateur
Rjb=Résistance thermique entre la jonction et le boitier
Rbr=Résistance thermique entre le boitier et le radiateur sans isolant ni pâte thermique=0,5 °C/W.
Rra=Résistance thermique entre le radiateur CO224P de longueur 75 mm.et l'air ambiant=2 °C/W.
Rja=Résistance thermique entre la jonction et l'air ambiant avec un radiateur=Rjb+Rbr+Rra=Rjb+2,5 °C
Tj=Température de la jonction.
Tjmax=Température max de la jonction.
Ta=Température ambiante=25 °C.
Puissance maximale possible sans radiateur=(Tjmax-Ta)/Rjas=Vmax*imax
Puissance maximale possible avec radiateur=(Tjmax-Ta)/Rja=Vmax*imax

Pont de diodes BA26933

Rjas=35 °C (supposé)
Rjb=2,5 °C (supposé)
Rja=2,5+2,5=5 °C
Tjmax=150 °C
Puissance maximale possible sans radiateur=125/35=3 W
Puissance maximale possible avec radiateur=125/5=25 W
Vmax=2*1=2 V car 2 diodes en conduction simultanément
imax sans radiateur=3/2=1,5 A
imax avec radiateur=25/2=12,5 A mais limité à 8 A.

Régulateur 7812 en boitier TO3

Rjas=35 °C
Rjb=4 °C
Rja=4+2,5=6,5 °C
Tjmax=150 °C
Puissance maximale possible sans radiateur=125/35=3 W
Puissance maximale possible avec radiateur=125/6,5=19 W
Vmax=24-12=12 V
imax sans radiateur=3/12=0,25 A
imax avec radiateur=19/12=1,6 A mais limité à 1,5 A

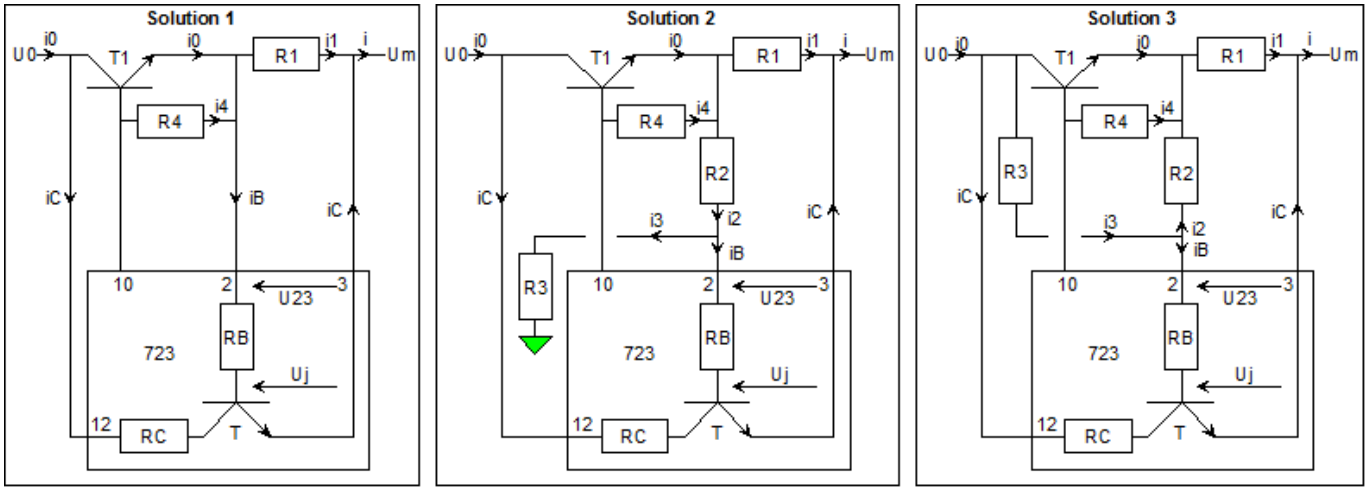
Transistor PMD18K40 (boitier TO3)

Rjas=35 °C (supposé)
Rjb=0,625 °C
Rja=0,625+2,5=3,125 °C
Tjmax=200 °C
Puissance maximale possible sans radiateur=175/35=5 W
Puissance maximale possible avec radiateur=175/3,125=56 W
Vmax=24-12=12 V
imax sans radiateur=5/12=0,4 A
imax avec radiateur=56/12=4,7 A

En conclusion, on dispose de 8 A sur la ligne 24V, 1,5 A sur la ligne 12 V et 4,7 A pour alimenter le moteur.

ANNEXE 2
Limitation de la puissance appliquée au moteur

Les schémas ci-dessous illustrent 3 solutions pour limiter le courant dans le moteur à l'aide du régulateur 723.



Note : On trouve aussi dans la littérature une autre façon d'ajuster le courant limite. Elle consiste en la mise en série d'une diode de puissance D avec R1 et la mise en parallèle avec R1+D d'un potentiomètre envoyant sur les broches 2 et 3 du 723 une fraction ajustable de la tension sur R1+D.

Le 723 limite la puissance délivrée au moteur lorsque iB est suffisant pour obtenir Uj=0,65 V et donc faire conduire son transistor interne T.
D'après la documentation du 723, RB=400 Ω et RC=1,8 kΩ.
Donc iC=U0/RC=25/1800=14 mA.
Le gain de T étant certainement supérieur à 140, on considère qu'il faut iB=iC/140≥0,1 mA pour que T soit bien saturé.
Comme U23=Uj+RB*iB, T conduit si U23≥0,65+400*0,0001=0,65+0,04=0,69 V

Donc :

Lorsque U23<0,69 V, T ne conduit pas, iC=0 et Vm=V la tension régulée par le 723.
Lorsque U23=0,69 V, T conduit, iC=14 mA, Vm=V et i=iL=Courant limite
Lorsque U23=0,69 V et Vm=0, iC=14 mA et i=iCC=Courant de court-cicuit.

U=12 à 16 V.
i=1 à 4 A.
On souhaite que iL soit ajustable de 2 à 4 A et que iCC soit le plus faible possible.

i4=0,65/R4=0,3 mA avec 0,65=VBE de T1 et R4=2,2 kΩ.

Solution 1

i0=iC-i4+iB+i1=i1 car iC-i4+iB<<i0
i=i1+iC=i1 car iC<<i
R1*i1=V23

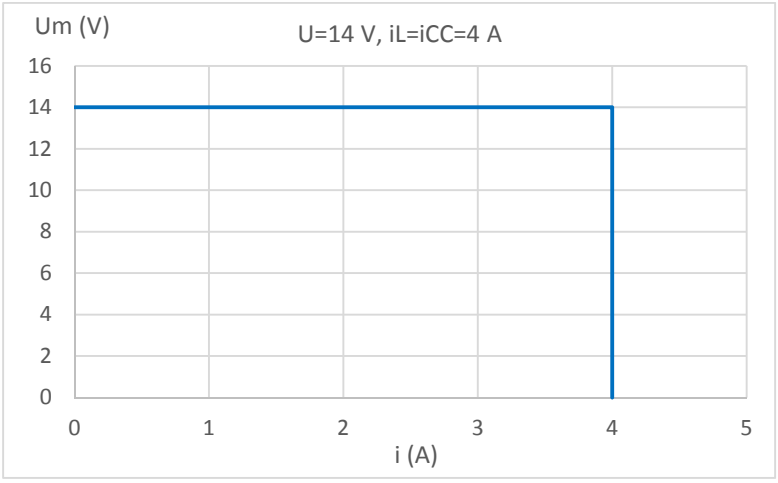
Donc :

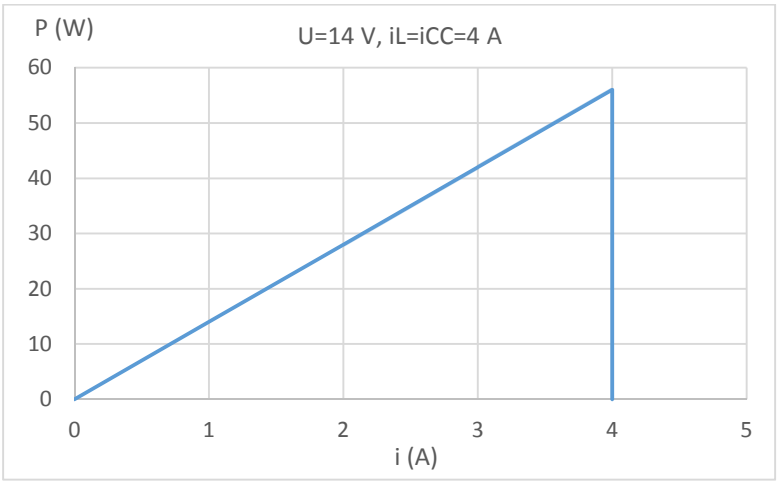
i1=i=i0
R1*i=U23
iL=iCC=0,69/R1
R1=0,69/2=0,35 Ω pour iL=2 A
R1=0,69/4=0,17 Ω pour iL=4 A

R1 doit donc varier entre 0,17 Ω et 0,35 Ω et doit supporter une puissance de $0,35*4^2=5,6$ W.

Soit P=Um*i la puissance appliquée au moteur.

Les graphes ci-dessous illustrent Um=f(i) et P=f(i) pour U=14 V et iL=iCC=4 A.





On constate qu'une fois le courant limite atteint, la puissance donc la vitesse passe brutalement à 0.

Les inconvénients sont :

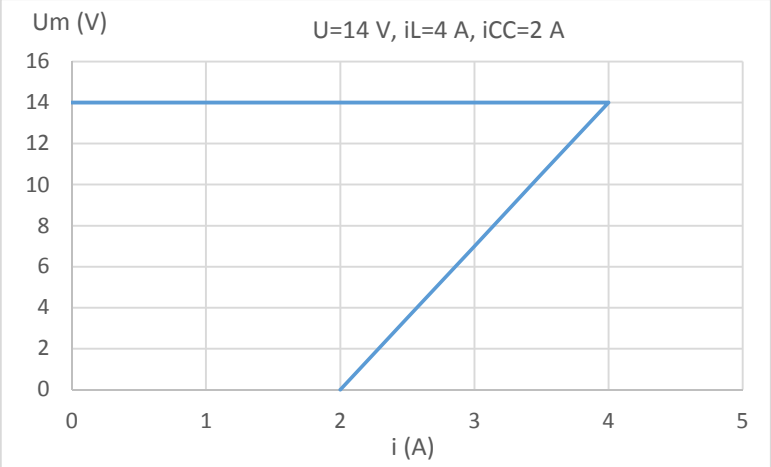
- Nécessité d'une résistance de puissance R1 ajustable.
- Courant de court-circuit élevé.
- Limitation de puissance brutale.

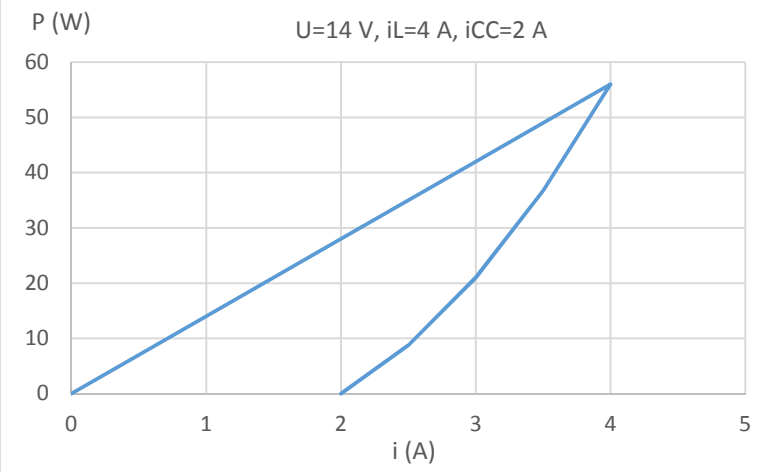
Solution 2

i0=iC-i4+i2+i1=i1 car iC-i4<<i0 et si i2<<i0
i=iC+i1=i1 car iC<<i
i2=iB+i3=i3 si i3>>iB
R1*i1=R2*i2+U23
Um+U23=R3*i3

Donc, si i3>>iB et i3<<i :
i1=i=i0
i2=i3
k*R1*i=Um+(1+k)*U23 avec k=R3/R2
k*R1*iL=U+(1+k)*0,69
k*R1*iCC=(1+k)*0,69
Um=U*(i-iCC)/(iL-iCC)

Les graphes ci-dessous illustrent Um=f(i) et P=f(i) pour U=14 V et iL=iCC=4 A.





On constate une limitation de puissance progressive. Plus le moteur force, plus il est ralenti.

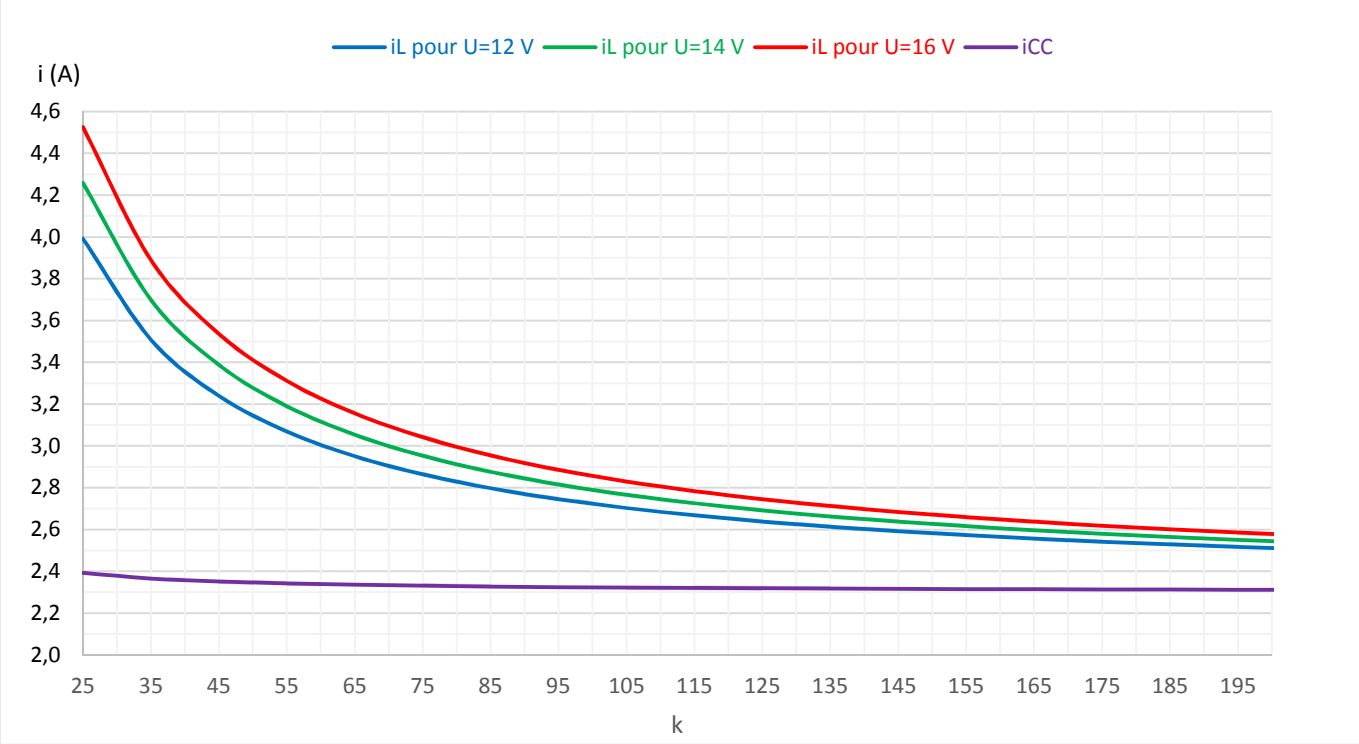
Calcul de R1
k=(U+0,69)/(R1*iL-0,69)
Il faut donc R1>0,69/iLmin=0,69/2=0,35 Ω.
Pour limiter la puissance sur R1 et ne pas altérer la régulation, il faut choisir R1 le plus faible possible.
Prenons la valeur normalisée R1=0,3 Ω.
R1 doit donc supporter une puissance de $0,3*4^2=4,8$ W

Calcul de kmin
kmin=(Umin+0,69)/(R1*iLmax-0,69)=(12+0,69)/(0,3*4-0,69)=25

Traçons iL et iC=f(k) pour U=12, 14 et 16 V :

iL=[U+(1+k)*0,69]/(k*R1)

iCC=(0,69/R1)*(1+k)/k



On constate que :

- iCC ne varie pas avec U et varie peu avec R3. iCC=2,3 A
- iL ne varie quasiment plus pour k>200. On prend donc kmax=200.

Calcul de R2 et R3

R3=(Um+U23)/i3

Il faut i3>>iB=0,1 mA donc :

R3<<(Umin+0,69)/iB<<(12+0,69)/0,0001=127 kΩ

R2<<R3/kmax=127/200=635 Ω

Il faut i3<<imin=1 A donc :

R3>>(Umax+0,69)/imin=(16+0,69)/1=17 Ω

R2>>R3/kmin=17/25=0,7 Ω

Prenons R2=100 Ω soit R3 variable de 25*100=2,5 kΩ à 200*100=20 kΩ.
On choisit R3 constituée d'une résistance de 2,7 k en série avec un potentiomètre P2=10 kΩ.

K varie donc de 27 à 127 et on a :

U (V)	iL (A)	iCC (A)
12	2,6 à 3,9	2,3
14	2,7 à 4,1	2,3
16	2,7 à 4,4	2,3

Les avantages sont :

- Ajustement du courant limite par un potentiomètre classique.
- **R**éduction du courant de court-circuit.
- Faible sensibilité du courant de court-circuit au réglage de iL.
- Limitation progressive de la puissance et d'autant plus que iL est grand.

Solution 3

i0=iC+i3-i4-i2+i1=i1 car iC-i4<<i0 et si i3-i2<<i0
i=iC+i1=i1 car iC<<i
i3=iB+i2=i2 si i3>>iB
R1*i1=U23-R2*i2
U0-(Um+U23)=R3*i3

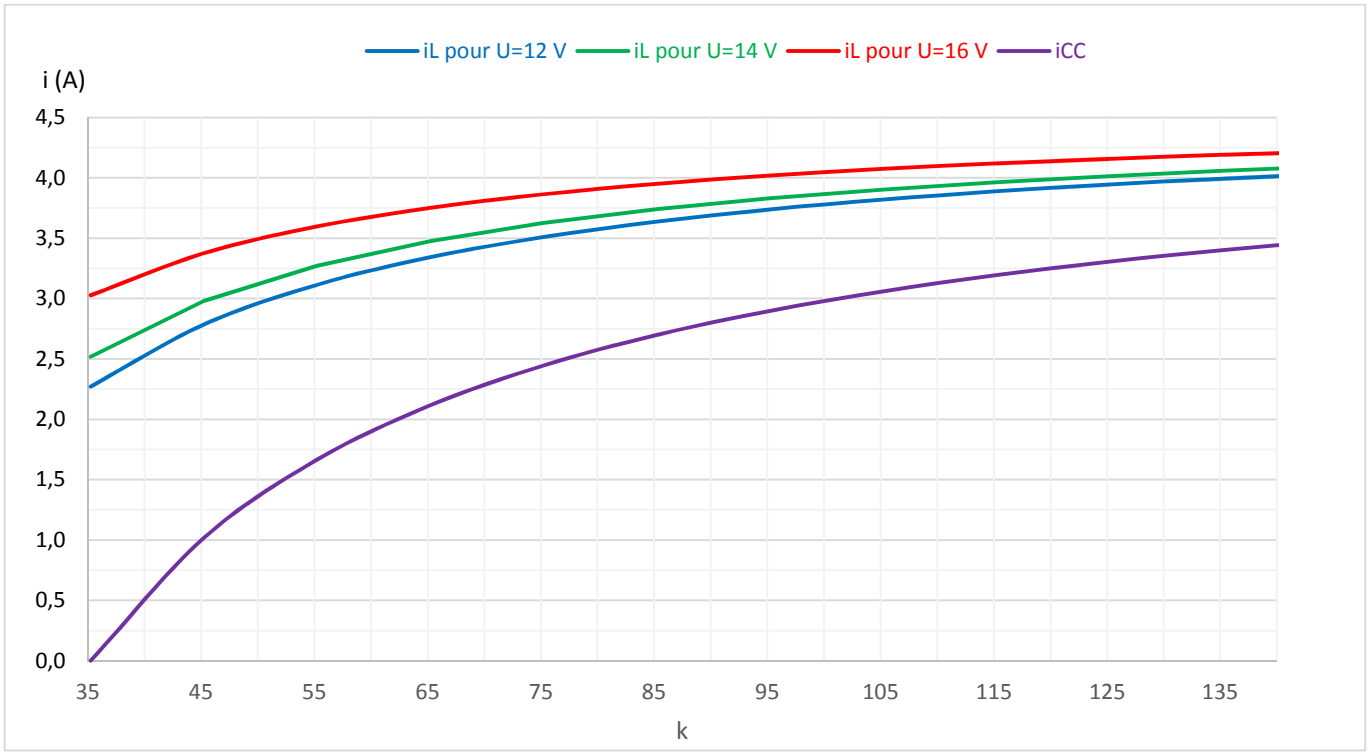
Donc, si i3>>iB
i1=i=i0
i2=i3
k*R1*i=Um+(1+k)*U23-U0 avec k=R3/R2
k*R1*iL=U+(1+k)*0,69-U0
k*R1*iCC=(1+k)*0,69-U0
Um=U*(i-iCC)/(iL-iCC)

Les courbes Um=f(i) et P=f(i) sont donc les mêmes que pour la solution 2
Toutefois, ici, on peut atteindre iCC=0 si (1+k)*0,69-U0=0 soit k=k0=(U0-0,69)/0,69=35.
Dans ce cas on a k0*R1*iL=U.

Calcul de R1
k=(U0-U-0,69)/(0,69-R1*iL)
Il faut donc R1<0,69/iLmax soit R1<0,69/4=0,17 Ω.
On choisit donc la valeur normalisée R1=0,15 Ω.
R1 doit donc supporter une puissance de $0,15*4^2=2,4$ W.

Calcul de kmin et kmax
kmin=(U0-Umax-0,69)/(0,69-R1*iLmin)=(25-16-0,69)/(0,69-0,15*2)=21
Mais k≥k0 pour que iCC≥0 donc kmin=k0=35
Kmax=(U0-Umin-0,69)/(0,69-R1*iLmax)=(25-12-0,69)/(0,69*0,15*4)=137

Traçons iL et iC=f(k) pour U=12, 14 et 16 V :
iL=[U+(1+k)*0,69-U0]/(k*R1)
iCC=[(1+k)*0,69-U0]/(k*R1)



On constate que :
- iCC ne varie pas avec U mais varie beaucoup avec k.
- iCC est fort pour iL élevé.
- iL et iCC ne varient quasiment plus pour k>kmax=137.

Calcul de R2 et R3

R3=(U0-Um-U23)/i3

Il faut i3>>iB=0,1 mA donc :

R3<<(U0-Umax-0,69)/iB=(25-16-0,69)/0,0001=83 kΩ

R2<<R3/kmax=83/137=606 Ω

Si on choisit R2=100 Ω alors R3 varie de 100*35=3,5 kΩ à 100*137=13,7 kΩ.
On choisit R3 constituée d'une résistance de 3,9 k en série avec un potentiomètre P2=10 kΩ.

K varie donc de 39 à 139 et on a :

U (V)	iL (A)	iCC (A)
12	2,5 à 4,0	0,4 à 3,4
14	2,8 à 4,1	0,4 à 3,4
16	3,2 à 4,2	0,4 à 3,4

Les avantages sont :
- Ajustement du courant limite par un potentiomètre classique.
- Plus faible valeur de R1 qui favorise le rendement et la régulation.
- Forte **r**éduction du courant de court-circuit donc forte limitation de puissance aux faibles valeurs de iL.

Les inconvénients sont :
- Forte sensibilité du courant de court-circuit au réglage de iL.
- Faible **r**éduction du courant de court-circuit et donc faible limitation de puissance aux fortes valeurs de iL.

En définitive, la solution 2 est choisie car elle permet une limitation progressive que n'offre pas la solution 1 et que cette limitation est d'autant meilleure que le courant croît, ce qui n'est pas le cas dans la solution 3.

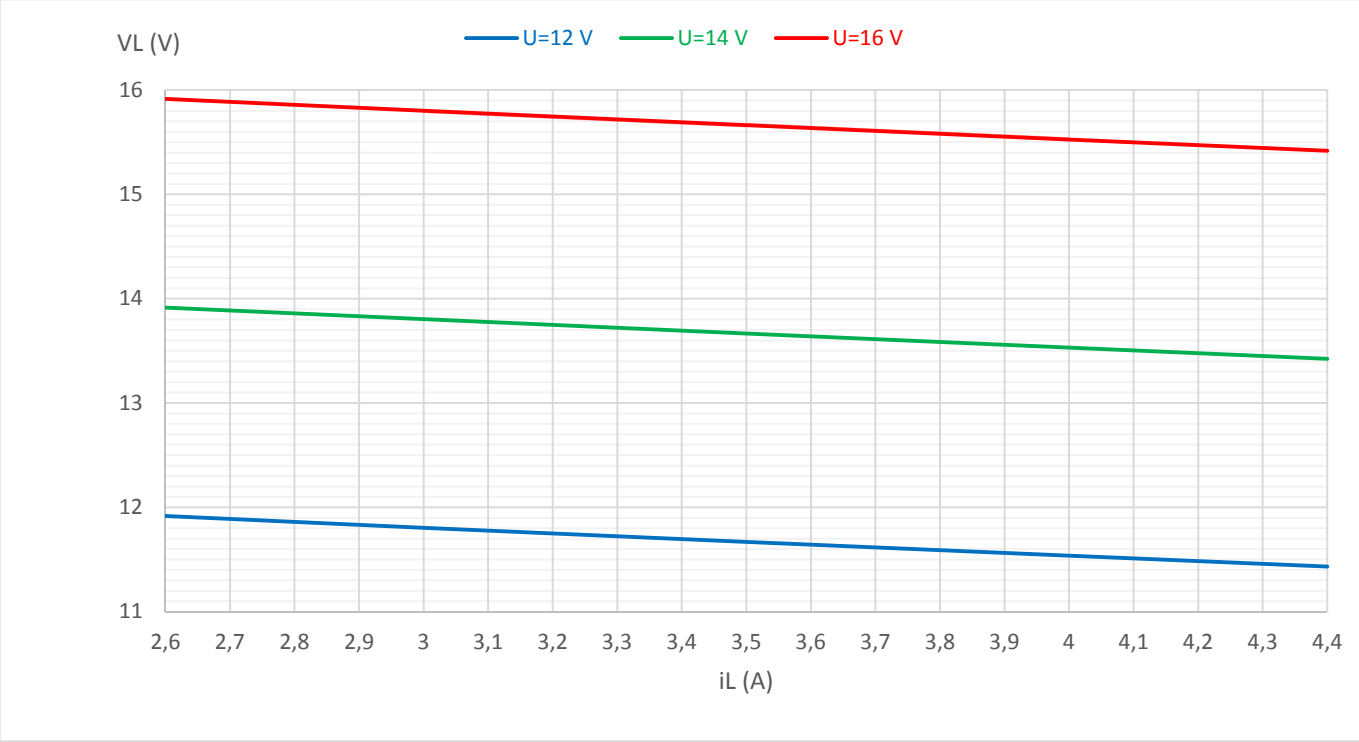
Pour les réglages, il est intéressant de connaître comment ajuster, avec P2, la tension UL (sans la charge) sur la broche 2 du 723 en fonction du courant iL que l'on souhaite ajuster (avec la charge).

On a :

UL=R3*V/(R2+R3)=k*V/(1+k)
k=(V+0,69)/(R1*iL-0,69) avec R1=0,3 Ω.
Donc :

UL=(U+0,69)/(1+R1*iL/U)

Le graphe suivant représente UL=f(iL) pour U=12, 14 et 16 V.



Par exemple si U=14 V et si on souhaite iL=3,5 A, il faut ajuster P2 pour obtenir UL=13,7 V.

ANNEXE 3
Utilisation du 555 en anti-rebonds

On utilise le pont diviseur 1/3, 2/3, les 2 comparateurs, la bascule RS et l'inverseur d'un circuit 555 pour constituer un dispositif anti-rebonds.

Pour le pont diviseur et les comparateurs, on a :
- Si U2<U8/3, R=1 et S=0.
- Si U8/3≤U2≤2*U8/3, R=S=0.
- Si U2>2*U8/3, R=0 et S=1.

La logique de la bascule est :
- Si R=1 et S=0, Q=0.
- Si R=S=0, Q=Valeur précédente de Q.
- Si R=0 et S=1, Q=1.
- Si R=1 et S=1, Q indéterminé mais cas impossible.

En définitive puisque V3=/Q
- Si U2<U8/3, V3=1
- Si U8/3≤U2≤2*U8/3, V3=Valeur précédente de V3=1
- Si U2>2*U8/3, U3=0

Ainsi, lors de la charge de C4 à travers R4 qui se produit lorsqu'aucune entrée SC, FC et TC n'est à 0.
- Lorsque U2 croît de 0 à U8/3, V3=1
- Lorsque U2 croît de U8/3 à 2*V8/3, V3=1
- Lorsque U2 croît de 2*U8/3 à V8, V3=0

La constante de charge est Tc=270 kΩ*100 nF=27 ms.
L'équation de charge est U2=U8*[1-EXP(-t/Tc)].
La tension U2=U8/3 est donc atteinte en tc1=-Tc*LN[1-1/3]=11 ms
La tension U2=2*U8/3 est donc atteinte en tc2=-Tc*LN[1-2/3]=30 ms

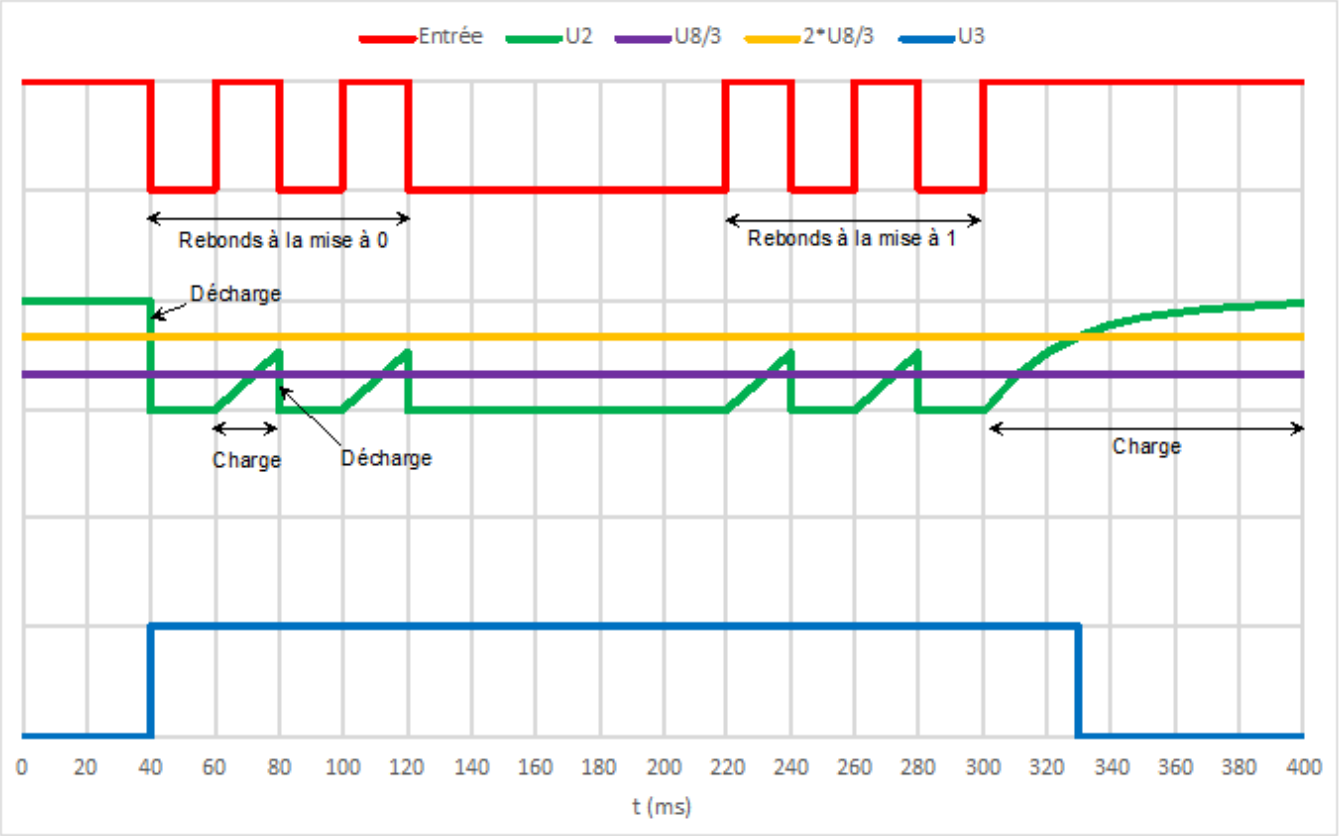
De même, lors de la décharge de C4 à travers R6 qui se produit lorsqu'au moins une entrée SC, FC et TC=0.
- Lorsque U2 décroît de U8 à 2*U8/3, V3=0
- Lorsque U2 décroît de 2*U8/3 à U8/3, V3=0
- Lorsque U2 décroît de U8/3 à 0, U3=1

La constante de décharge est Td=1 kΩ*100 nF=0,1 ms.
L'équation de décharge est U2=U8*EXP(-t/Td).
La tension U2=2*U8/3 est donc atteinte en td2=-Td*LN(2/3)=0,04 ms.
La tension U2=U8/3 est donc atteinte en td1=-Td*LN(1/3)=0,11 ms.

Supposons que le condensateur soit complétement chargé donc U2=U8>2*V8/3 et donc V3=0.
Soit tr la durée des rebonds.
Lorsque l'entrée passe à 0, si tr>td1, U2 descend rapidement en dessous de U8/3 et donc U3=1.
Lors des rebonds, si tr<tc2, V2 ne peut atteindre que U2=1-EXP(-tr/Tc)=0,5*U8<2*U8/3 et donc U3 reste à 1.
A la remise à 1 de l'entrée, si elle n'est pas remise à 0 avant tc2, U2 peut remonter au-dessus de 2*U8/3 et donc U3 revient à 0.

En définitive, l'anti rebonds fonctionne correctement si td1<tr<tc2 et si l'entrée n'est pas remise à 0 avant tc2 à compter de sa remise à 1.
Le principe est identique pour les rebonds éventuels à la mise à 1 de l'entrée.

Le graphique suivant illustre un exemple avec 2 rebonds de durée 20 ms.
Pour simplifier le graphique, la durée de décharge du condensateur et les chutes dans les diodes sont négligées.


Entrée
U2
U8/3
2*U8/3
U3
Rebonds à la mise à 0
Rebonds à la mise à 1
Décharge
Charge
Décharge
Charge
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400
t (ms)

ANNEXE 4
Capacités du moteur

Vitesse de déplacement

Soit :

L=Course du portail en m
D=Diamètre du pignon en m
ω=Vitesse de rotation en rad/s
n=Nombre de tours pour parcourir L
t=Durée d'ouverture ou de fermeture en s
v=Vitesse de déplacement en m/s

On a :

1 rad/s=1/(2*π) tr/s=60/(2*π) tr/mn=9,549 tr/mn
n=L/(π*D)
v= ω*D/2
t=L/v

Par exemple avec L=3 m, D=80 mm=0,08 m et ω=48 tr/mn=5 rad/s, on obtient :

n=12 tours
v=0,2 m/s
t=15 s

Force du moteur

Soit :

U=Tension appliquée au moteur en V
i=Le courant absorbé par le moteur en A
P=Puissance du moteur en W=1 N.m/s
C=Couple moteur en N.m
F=Force en N
g=Acceleration de la pesanteur=9,81 m/s^2

Alors :

1kg=9,81 N
P=U*i
C=P/ω
F=P/v=C*ω/v=2*C/D en N soit F/9,81 en kg

Exemple pour U=14 V, i=2,5 A et w=48 tour/mn=5 rad/s, on obtient :

P=35 W
C=7 N.m
F=174 N soit 17 kg

Le moteur est ainsi capable de soulever 17 kg à la vitesse de 0,2 m/s.

Masse du portail

Soit :

m=masse du portail en kg
d=diamètre des roues en mm
ka=Coefficient d'adhérence lorsque le portail est à l'arrêt
a=Coefficient de résistance au roulement en mm lorsque le portail est en mouvement
kr=Facteur de résistance au roulement=2*a/d

Si on considère que le mouvement est uniforme (pas d'accélération) et qu'on néglige la pente et la résistance aérodynamique, on peut écrire qu'il faut exercer une force F telle que:

F=ka*m*g pour démarrer le portail
F=kr*m*g pour faire rouler le portail

Exemple pour des roues de diamètre d=80 mm et un rail en acier :

Si les roues sont en acier, ka=0,2 et a=0,4 mm donc kr=0,01
Si les roues sont en plastique, ka=0,2 et a=2 mm donc kr=0,05

Comme ka>kr, le calcul de m doit être fait avec ka d'où m=F/(ka*g)=89 kg.

En fait, d'autres pertes s'ajoutent telles que celles liées au rendement du moteur, au frottement de la crémaillère sur le pignon et du portail sur les galets de guidage.
On écrit alors m=F/(k*g) et la question est de connaître k.

Pour ce faire, on peut s'aider des caractéristiques de moteurs de portail coulissant commercialisés en se basant sur leur puissance relativement aux masses maximales des portails qu'ils peuvent entraîner.
On trouve en moyenne un rapport m/P=4 kg/W pour des moteurs de vitesse similaire au nôtre.
Ce qui, dans notre cas, aboutit à m=4*35=140 kg.
Comme m/P=m/(F*v)=1/(k*g*v), il vient k=1/(4*g*v)=0,13.

On peut aussi mesurer la puissance minimale nécessaire pour débuter l'entraînement du portail.
Cette puissance minimale est Pmin=6*1,5=9 W (voir Annexe 6).
Mon portail pesant 45 kg, cela correspond à m/P=45/9=5 kg/W soit k=1/(5*g*v)=0,1.

L'estimation théorique k=0,2 semble donc pessimiste. Une valeur de k=0,15 semble plus plausible.
Dans ces conditions m=174/(0,15*9,81)=118 kg.

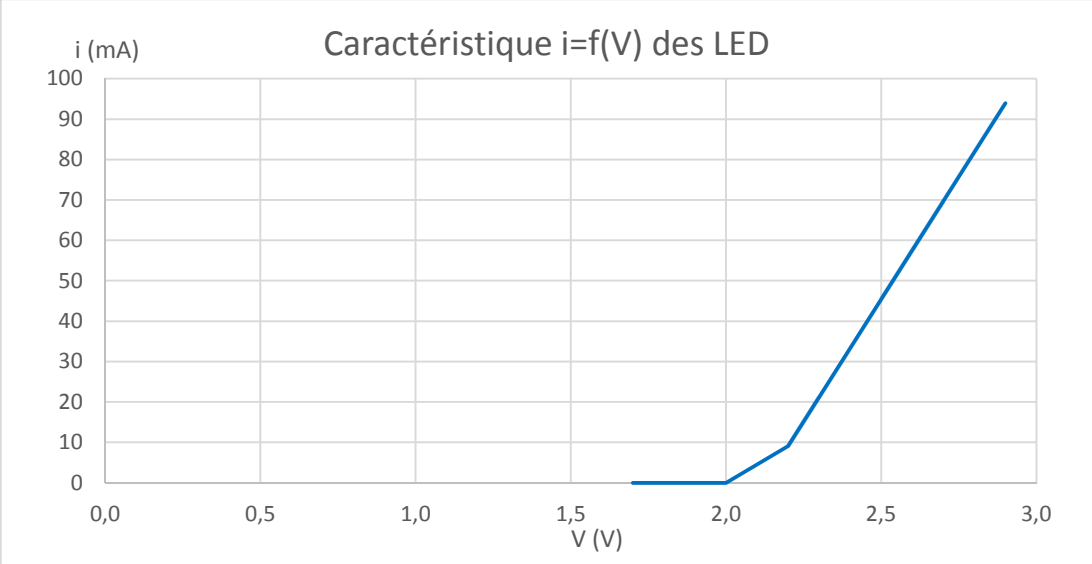
On peut donc considérer que le moteur d'essuie-glace est capable d'entraîner au moins 100 kg à 0,2 m/s.

ANNEXE 5
LED

Caractéristique

Il s'agit de LED transparentes 5 mm haute luminosité émettant une lumière rouge. S'agissant de LED de récupération, j'ai tracé leur caractéristique i=f(V) représentée ci-dessous, i étant le courant qui la traverse et V la tension à ses bornes.

Pour cela, j'ai alimenté une LED de 0 à 6 V au travers d'une résistance série de 33 Ω.



La luminosité et le courant sont nuls pour V<1,7 V, la luminosité est faible jusqu'à 9 mA/2,2 V et correcte à partir de 20 mA/2,29 V. A partir de ce point, elle croît peu avec i.
A partir de 9 mA/2,2 V, la courbe permet de déduire :

V=0,00825*i+2,125 avec i en mA et V en V

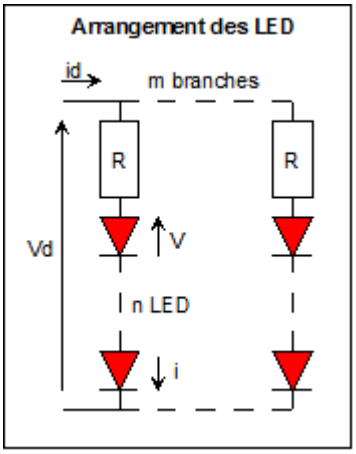
Soit par exemple V=2,29 V pour i=20 mA et V=2,31 V pour i=23 mA

J'ai ensuite vérifié sur les autres LED que leur luminosité était correcte pour i=20 mA et que V=2,3 V.

Le montage sera donc calculé pour alimenter les LED sous i=20 mA.

Arrangement

Les LED sont placées sur plusieurs branches en parallèle, chaque branche étant constitué de n LED en série avec leur résistance R.



Pour minimiser le courant, il y a intérêt à mettre le plus possible de LED en série dans chaque branche donc à avoir n le plus grand possible mais ce nombre est limité par n*V≤Vd avec Vd=5,9 V et V=2,3 V soit n≤2,6.
On prend donc n=2.
La résistance série R se déduit de Ri+n*V=Vd avec i=20 mA soit R=(Vd-n*V)/i=65 Ω.
On peut choisir la valeur normalisée R=56 Ω soit i=(Vd-n*V)/R=23 mA.
En fait pour 23 mA, on a vu que V est très légèrement supérieure à 2,3 V (soit 2,31 V) mais on néglige ce point.
La puissance que doit supporter cette résistance est $P=R*i^2=30$ mW.
On peut donc utiliser une résistance commune 1/4 W.

Le nombre de branches m est lui limité par m*i≤id soit m≤100/20=5.

On peut donc disposer 2*5=10 LED. Avec les LED utilisées, la luminosité du clignotant est suffisante avec 4 branches donc 2*4=8 LED, ce qui limite le courant id à 4*23=92 mA.

Note 1 : Si la luminosité est jugée insuffisante, elle peut être augmentée :

- En augmentant n donc Vreg sans dépasser 8 V. Avec Vreg>6,9, on passe à n=3.
  Ceci peut être réalisé en rehaussant le régulateur 6V d'une zener>0,9 V ou de 3 diodes en série.
- En augmentant m donc id sans dépasser 200 mA. Avec id=200 mA, on passe à m=10.
- En augmentant n et m donc Vreg et id.

Note 2 : Il apparaît possible de supprimer R si on choisit Vd=n*V soit Vreg=n*V+0,1 mais il vaut mieux éviter car R permet d'atténuer les différences de caractéristique des LED.

ANNEXE 6
Mesures

Alimentation moteur

Redressement filtrage

Mesure=25 V
Théorie=(18-1,4)*racine(2)=23,5 V (1,4 V étant la chute dans 2 diodes du pont redresseur).

Régulation

P1 sur Vmin, U=11,7 V
P1 sur Vmax, U=15,9 V
U théorique=12,3 à 16,8 V. Ecart dû à Uref=2,4 V de mon exemplaire de 723 au lieu de 2,5 V.
Si on recalcule avec Uref=2,4 V, on obtient Umin=11,8 V et Umax=16,1 V donc OK.

Courant de court-circuit

Pour U=14 V
V23=0,69 V pour 0,69 V théorique.
P2 sur iLmin, iC=2,3 A pour 2,3 A théorique.
P2 sur iLmax, iC=2,4 A pour 2,3 A théorique.

Courant limite

Pour U=14 V sur résistance R=5 Ω soit i=14/5=2,8 A et de puissance>5*2,8^2=40 W
P2 sur iLmax, R1*i=0,86 V, U=14 V, et U23=0,34 V donc pas de limitation.
Donc i=0,86/0,3=2,9 A soit R=14/2,9=4,8 Ω pour 5 Ω donc OK.
P2 sur iLmin, R1*i=0,79 V, Um=12,8 V et U23=0,69 V donc limitation enclenchée.
Donc i=0,79/0,3=2,6 A
iLmin=14*(2,6-2,3)/12,8+2,3=2,6 A pour 2,7 A théorique.

Pour U=14 V sur résistance de 3,5 Ω soit i=14/3,5=4 A et de puissance>3,5*4^2=60 W
P2 sur iLmin, R1*i=0,75 V, Um=8,1 V, et U23=0,68 V donc limitation enclenchée.
Donc i=0,75/0,3=2,5 A.
iLmin=14*(2,5-2,3)/8,1+2,3=2,6 A pour 2,7 A théorique.
P2 sur iLmax, R1*i=1,16 V, U=12,5 V, et U23=0,68 V donc limitation enclenchée.
Donc i=1,16/0,3=3,8 A
iLmax=14*(3,8-2,4)/12,5+2,4=3,9 A pour 4,1 A théorique.

Pour U=14 V à vide
UL=13,5 à 13,9 V pour 13,4 à 13,9 théorique.

Moteur

Vitesse

Le tableau suivant indique les résultats des mesures du courant i consommé par le moteur et de la durée t à l'ouverture et à la fermeture pour différentes valeurs de V.
i est mesuré sur la résistance R1 et varie pendant le mouvement. Les valeurs indiquées sont les minimums et maximums de cette variation.

U (V)	i à l'ouverture (A)	i à la fermeture (A)	t à l'ouverture (s)	t à la fermeture (s)
12	2,0 à 2,3	2,5 à 3,0	18	18
14	2,0 à 2,5	2,5 à 3,3	15	15
16	2,0 à 2,7	2,5 à 3,7	12	12

Le courant à la fermeture est plus élevé que celui à l'ouverture probablement du fait d'une légère pente montante à la fermeture (et donc descendante à l'ouverture).

De ces mesures, on peut déduire (voir § Moteur) :

Le nombre de tours effectué par le moteur n= L/(π*D)
La vitesse de déplacement du portail v=L/t en m/s
La vitesse de rotation du moteur : ω=2*v/D en rad/s soit 9,549*ω en tr/mn

Pour L=3 m et D=80 mm=0,08 m, on a donc :

U (V)	t (s)	n (tours)	v (m/s)	ω (tr/mn)
12	18	12	0,17	40
14	15	12	0,20	48
16	12	12	0,25	60

Puissance minimale

Mesure effectuée en alimentant le moteur par une alimentation autre que celle du montage afin de pouvoir suffisamment descendre la tension d'alimentation.
Il faut U=6 V et i=1,5 A pour débuter l'entraînement du portail soit Pmin=6*1,5=9 W.

Limitation de puissance

Mesures effectuées sans la sécurité d'arrêt, à U=14 V et iL=4 A.
On force manuellement le portail à s'arrêter et on mesure Um et i.
Le moteur s'arrête alors de tourner mais continue de consommer.

Arrêt par la butée d'ouverture : Um=10 V et i=3,5 A soit P=10*3,5=35 W
Arrêt par la butée de fermeture : Um=8 V et i=3,2 A soit P=8*3,2=26 W
Arrêt en milieu de trajectoire ; Um=6 V et i=3 A soit P=9*3=18 W

Le courant théorique est alors i=(Um/U)*(iL-iCC)+iCC=(Um/U)*(4-2,3)+2,3=1,7*Um/+2,3.
Ce qui donne pour chacun des cas mesurés :

i=1,7*10/+2,3=3,5 A donc OK
i=1,7*8/+2,3=3,3 A donc OK
i=1,7*6/+2,3=3,0 A donc OK

<u>Clignotant</u>

Fréquence

th=tb=0,27 s pour 0,23 s théorique
T=0,54 s pour 0,46 s théorique
F=1,9 Hz pour 2,2 Hz théorique
Ecart minime du probablement au condensateur

Amplitudes

Ureg=6 V pour 6 V théorique

Etat bas en sortie du 555=0 V pour <0,1 V théorique.
Etat haut en sortie du 555=4,8 V pour >4,6 V théorique.

Etat bas sur la base de T4=0 V donc T4 bien bloqué.
Etat haut sur la base de T4=0,8 V donc T4 bien passant.

Etat bas sur le collecteur de T4=0,1 V=Vcesat pour 0,1 V théorique.

Amplitude aux bornes des résistances série=1,2 V soit i=1,2/56=21 mA pour 23 mA théorique.
Amplitudes aux bornes des LED série=4,8 V.soit 2,4 V par LED pour 2,3 V théorique.