

Extrait du Blog « NUMERIQUE-DCC-TRAINS.COM »

Le Blog est ici : <http://numerique-dcc-trains.com/infos/>

6.11 – Les modules de cantonnement et le générateur de freinage du TCO ultime.....	1
6.11.1 – L'idée de départ	1
6.11.2 – Le schéma du prototype du circuit de base a un relais	2
6.11.3 – Le circuit imprimé avec un relais	3
6.11.4 – La liste des composants du circuit à un relais.....	4
6.11.5 – Les différents câblages du circuit à un relais.....	4
6.11.6 – Fonctionnement avec deux modules dédiés.....	5
6.11.7 – Fonctionnement avec deux modules mixtes	6
6.11.8 – Un exemple de câblage complet sur trois cantons avec le module à un relais	9
6.11.9 – Deux exemples de câblage avec le module à un relais.....	10
6.11.10 – Le circuit imprimé à deux relais	10
6.11.11 – Le générateur de freinage.....	11
6.11.12 – Comment exploser un condensateur ? : en le montant à l'envers.....	12

6.11 – Les modules de cantonnement et le générateur de freinage du TCO ultime

Nous avons vu dans la [section 5.16 du chapitre 5](#) que la détection d'une consommation de courant est une solution pour assurer le cantonnement du réseau. En janvier 2007 j'ai travaillé avec Claude Prunet sur le cantonnement associé à la commande numérique qu'il venait de créer : le « TCO ultime ». Le site est ici : <http://www.bootentrain.fr/>. Il inclut le nouveau forum.

Les modules décrits dans cette section sont les prototypes des circuits qui nous ont servi à tester ce mode de cantonnement sur l'ovale de mon réseau d'essais. Le texte de cette section ne fait qu'expliquer comment le cantonnement fonctionne à partir des prototypes des circuits. Claude a fait évoluer ces circuits. Sur le module actuel, la méthode de détection et le mode fonctionnement sont légèrement différents. Vous trouverez tout ce qu'il faut pour le fabriquer dans le site mentionné-dessus.

6.11.1 – L'idée de départ

Le circuit électronique, dont le prototype est présenté sur la [Figure 11.1](#), est la synthèse de deux idées :

- le système de détection de courant proposé par Pierre Boonaert dans les fichiers du forum « EdiTS Pro » (commande numérique au protocole Märklin Motorola à monter soi-même)
- le système de cantonnement par relais de Claude Prunet.

J'ai proposé à Claude de rassembler les deux fonctions sur un même circuit imprimé. J'ai donc conçu les prototypes des modules de cantonnement décrits ci-dessous. Au cours de la réalisation deux modules ont été créés :

- un avec un relais 2RT
- un avec deux relais 2RT.

Le premier module a deux usages, soit le cantonnement seul, soit la gestion du feu correspondant au canton. Dans le second module les deux fonctions sont rassemblées. Ces modules ont le gros avantage d'être posés au plus près de la voie, ce qui réduit le câblage par rapport aux modules qui peuvent gérer plusieurs cantons. L'inconvénient est qu'il faut une alimentation en courant continu complémentaire.

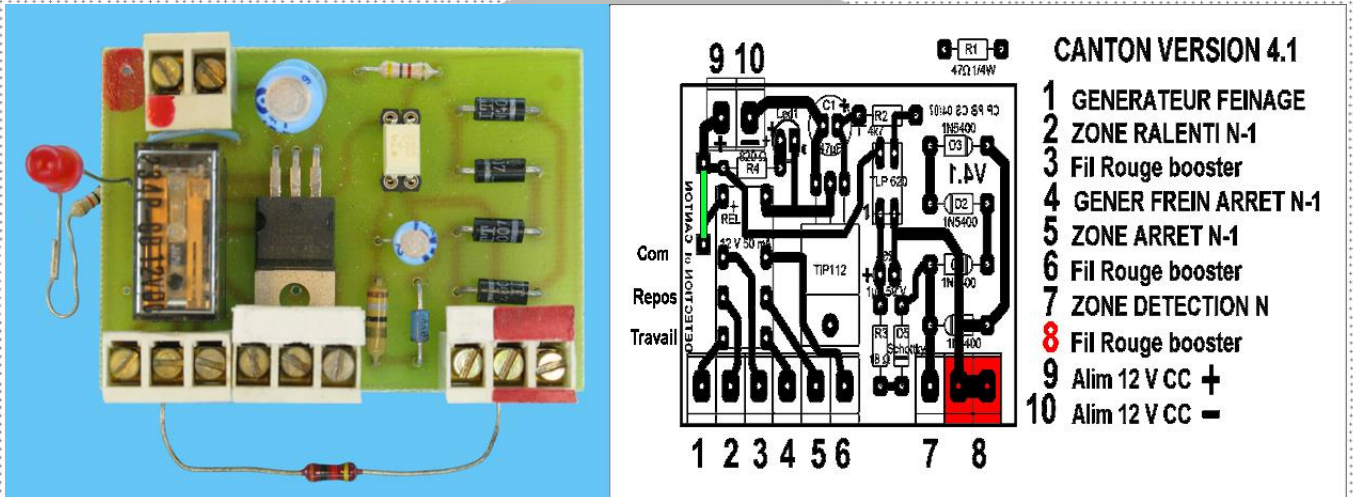


Figure 11.1 – Le prototype du module avec un relais.

Sur la **Figure 11.1** à gauche la LED qui signale l’occupation et sa résistance ont été ajoutées en volant au cours des premiers essais. A droite vous voyez la version 4.1 du typon. La LED et sa résistance y sont incorporées. La disposition des composants est différente de celle du circuit définitif présenté sur la **Figure 11.3**.

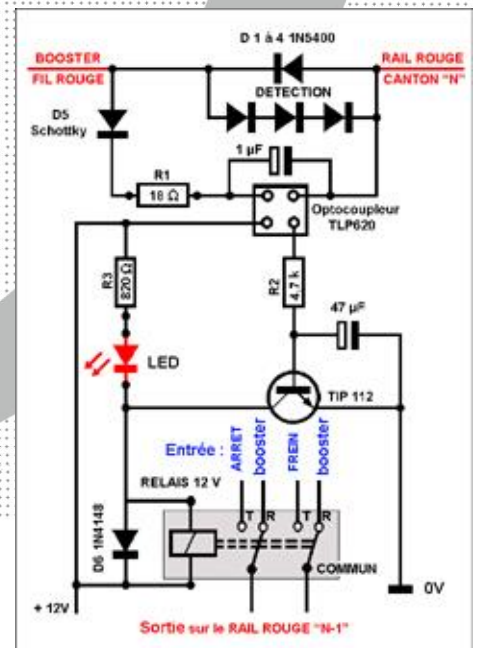
Ce système de cantonnement fonctionne en DCC et en analogique. Il est totalement indépendant de la partie commande numérique des trains. Les prototypes ont a été essayés avec les centrales de commande EDiTS Pro, TCO ultime et ZIMO.

6.11.2 – Le schéma du prototype du circuit de base a un relais

La détection se fait au niveau des trois diodes 1N5400 en série sur le fil rouge venant du *booster* et allant vers le rail rouge de la section de pleine voie du canton « N ». Le circuit électronique est au niveau du canton « N-1 » pour agir sur ses sections ralenti ou arrêt, suivant l’occupation du canton aval « N ». En l’absence de consommation de courant sur le canton (pas de locomotive ou d’essieu résistif etc.), aucun courant ne passe dans le circuit de détection : la tension aux bornes des trois diodes en série est nulle.

Lorsqu’une motrice (ou autre consommateur) est présente dans la zone de détection, le courant la traversant traverse aussi les trois diodes en série, en créant une chute de tension. Le seuil de passage de courant dans ces diodes est de l’ordre de 0,6 volt, une tension de 1,8 volt environ (mais jamais plus) est donc présente aux bornes de la série des trois diodes. Une partie du courant est dérivée vers l’optocoupleur. Comme il ne supporte pas le courant alternatif, le courant est redressé par la diode Schottky « D5 ». La résistance « R1 » de 18 ohms ajuste le courant à une valeur acceptable par l’optocoupleur. La diode Schottky possède un seuil de tension directe très faible (0,2 volt), ce qui permet de conserver la tension à la valeur nécessaire pour alimenter l’optocoupleur.

Lorsqu’il y a une détection, la photodiode qui est à l’entrée de l’optocoupleur est alimentée. Elle émet, et le courant passe dans son transistor de sortie. La base du transistor TIP 112 (*darlington*) est alimentée à son tour. Il est passant et alimente la bobine du relais qui tire, passant de la position « R » repos à la position travail « T ». Le relais est un monostable « 2 RT », c’est-à-dire qu’il commande deux circuits avec les positions « Repos ou Travail » (Voir la [section 6.27 du chapitre 6](#)).



Nous pouvons donc envisager différentes applications de ce circuit. Sur le dessin de la **Figure 11.2**, nous alimentons par la position « travail » les sections de voie « arrêt » et « ralentissement » du canton « N-1 ». Quand le canton aval « N » est libéré, il n'y a plus de détection et le monostable revient à la position « R » repos. Les sections « arrêt » et « ralentissement » sont alimentées par le *booster* en fonction de la consigne de marche affichée pour la locomotive. Avec le même circuit, nous pouvons faire fonctionner les feux de signalisation.

Figure 11.2 – Schéma de la détection et de la commande du relais.

Les condensateurs pallient, en amont de l'optocoupleur et du relais, les éventuels défauts de contact entre la voie et les roues. Le condensateur de 47 µF sert aussi à retarder la détection lors du passage de la locomotive sur la coupure d'entrée du canton (sa valeur peut aller jusqu'à 220 µF).

La LED s'allume tant que le train est dans la zone de détection du canton « N ». C'est surtout pratique dans la phase d'essais. Cette diode peut être déportée sur le tableau de commande optique (TCO). La diode « D6 » 1N4148 est la diode de « roue libre » qui protège la bobine du relais.

NOTE : la présence des trois diodes en série sur le circuit diminue la tension disponible sur la voie d'environ 1,8 volt. Il faut donc prévoir d'augmenter légèrement la tension de sortie du *booster*.

6.11.3 - Le circuit imprimé avec un relais

La **Figure 11.3** montre le dessin de la dernière version du circuit à un relais qui peut être utilisée de trois façons :

- alimenter la section d'arrêt et un feu (rouge, vert) du canton aval
- alimenter les sections de freinage et d'arrêt, du canton aval, à l'aide d'un ou deux générateurs de freinage
- alimenter les feux des sections d'arrêt et ralentissement du canton aval (rouge, vert, jaune).

La dernière possibilité est intéressante car elle permet de mettre le module au droit de la section (arrêt ou freinage) et de limiter le câblage.

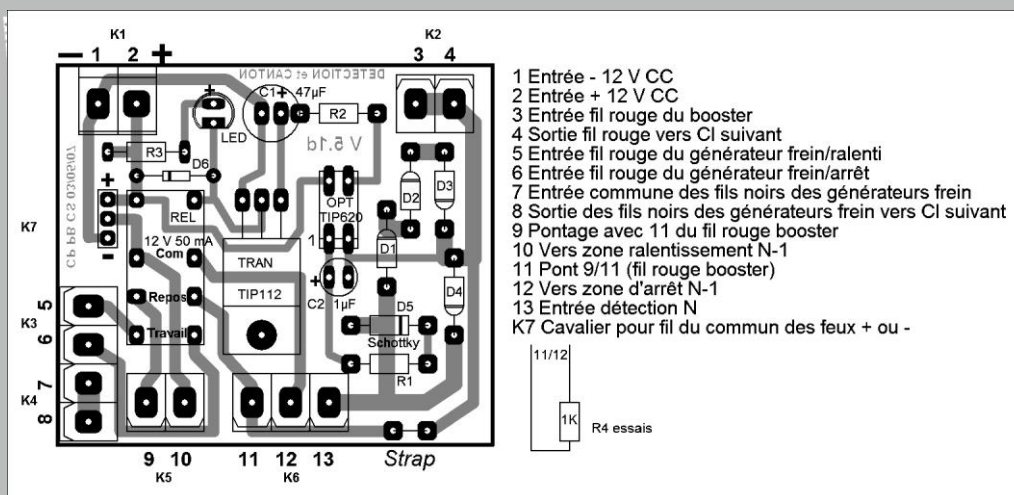


Figure 11.3 – Dessin du circuit imprimé avec un relais.

Pour fonctionner le circuit a besoin :

- d'une alimentation en courant continu de 12 volts pour le relais et/ou pour alimenter les feux
- d'un ou deux générateurs de freinage dont un exemple est montré en fin de section.

Les borniers ont la destination suivante :

- K1 : entrée du courant continu de 12 volts
- K2 : entrée et sortie du fil rouge du *booster*
- K3 : entrée des générateurs de freinage, ou sortie des feux rouge et jaune

- K4 : entrée et sortie commune du fil noir des générateurs de freinage
- K5 : ralentissement ou feux
- K6 : arrêt ou feux
- K7 : choix de polarité pour les feux.

Le câblage indiqué à droite de la **Figure 11.3** alimente les sections d'arrêt et freinage. Il faut un autre module si vous voulez faire fonctionner les feux correspondants sur le canton.

Pour le choix de la polarité du fil commun de la cible trois feux utilisée, il y a deux solutions :

- mettre un cavalier sur le connecteur K7 en fonction du type de fil commun, positif ou négatif
- souder un *strap* à la place du connecteur en fonction du type de fil commun, positif ou négatif.

Pendant la période d'essais, en l'absence d'un générateur de freinage, il sera nécessaire de mettre une résistance d'un kilo ohm entre les bornes « 11 et 12 ». Cette résistance « R4 », visible en bas de la **Figure 11.1**, laisse passer un léger courant qui permet à la centrale numérique de garder l'adresse de la locomotive qui est dans le secteur d'arrêt. Cette résistance n'est plus nécessaire lorsque le générateur de freinage est utilisé.

6.11.4 - La liste des composants du circuit à un relais

NB	DESIGNATION		VALEUR
1	Condensateur radial chimique	C1	47µF25 V
1	Condensateur radial chimique	C2	1µF 50 V
4	Diodes de redressement	D1 à D4	1N5400
1	Diode Schottky	D5	BYV10-40
1	Diode de roue libre	D6	1N4148
4 ou 5	Bornier à vis 2 plots pas 5,08	K1 à K5	
1	Bornier à vis 3 plots pas 5,08	K6	
1	Cavalier pour le+ ou le - du fil commun feux	K7	
	Barrette tulipe 3 plots, ou <i>strap</i> , pour le commun des feux	K7	
1	LED	LED	3 ou 5 mm
1	Optocoupleur	OPT	TIP620
	Barrette tulipe (2 x 2 plots) pour l'optocoupleur		
1	Résistance 1/4W	R1	18 ohms
1	Résistance 1/4W	R2	4k7
1	Résistance 1/4W	R3	820 ohms
1	Résistance 1/4W (essais)	R4	1K
1	Relais monostable 2 RT (par ex : finder 30.22S 12V)	REL	12 V 50 mA
1	Support tulipe 16 broches	Relais	
1	Transistor	TRAN	TIP112
1	Circuit imprimé simple face	6 x 5 cm.	
1	<i>Strap</i> 4 / 11		

Le module à un relais peut servir à l'aide d'un générateur de freinage à ralentir toutes les machines à l'entrée d'une gare ou sur une zone de travaux simulée sur la voie ; là où la vitesse de tous les convois doit être réduite. Il peut aussi servir pour des animations sur le réseau : passage à niveau etc.

Nota lorsque le CI n'est utilisé que pour n'alimenter les feux :

- la borne K4 est inutile
- le *strap* entre 4 et 11 ne doit pas être mis.

6.11.5 - Les différents câblages du circuit à un relais

Pour assurer le cantonnement et la gestion de feux il faut utiliser deux circuits à un relais par canton, avec deux solutions.

Dans la première solution, chaque circuit est **dédié** à une fonction spécifique :

- le relais du premier circuit alimente le rail rouge : un côté pour la zone d'arrêt, l'autre côté pour la zone de ralentissement
- sur le second circuit le relais alimente les feux tricolores : un côté pour la zone d'arrêt (les feux sont vert ou rouge), l'autre côté pour la zone de ralentissement (les feux sont vert ou jaune).

Dans la seconde solution chaque circuit est **mixte** : un côté du relais alimente le rail rouge, l'autre côté alimente les feux tricolores :

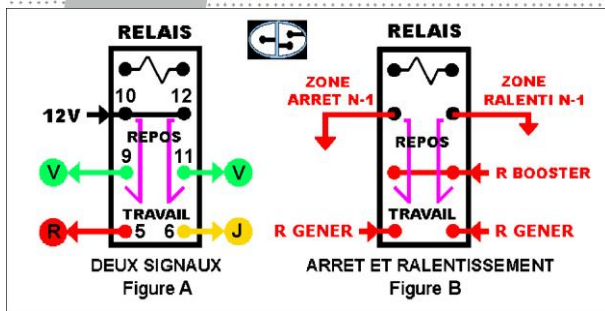
- le premier circuit sera pour la zone d'arrêt. Les feux sont vert ou rouge
- un second circuit sera pour la zone de ralentissement. Les feux sont alors vert ou jaune.

Lorsque l'on dispose de générateurs de freinage on peut alimenter la position travail du relais, il n'y aura alors plus d'arrêts et de redémarrages brusques peu esthétiques !

La troisième partie du canton, la section de pleine voie, est directement alimentée par le *booster*. C'est sur cette section que le fil de détection pour le canton en amont est soudé sur le rail rouge. Chaque circuit est implanté au plus près de la voie pour limiter la longueur des fils de câblage.

Pour que le système fonctionne correctement, il faut que la queue du train comporte une voiture voyageur ou un wagon consommateur de courant.

6.11.6 – Fonctionnement avec deux modules dédiés



Dans ce cas, un module est dédié à l'alimentation des feux, et l'autre est consacré aux sections d'arrêt et de freinage.

Figure 11.4 – Dessin des branchements sur chaque relais dédié.

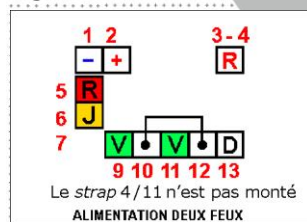
La **Figure 11.4** montre deux façons de câbler un relais. Lorsque le canton « N » n'est pas occupé, le relais est en position « R » repos. Lorsque le canton « N » est occupé, le relais tire et se met en position « T » travail. Sur la **Figure 11.4** ne sont représentés que les relais des deux modules, et les points qu'ils alimentent.

Le côté gauche du premier relais (figure A) permute les feux vert (repos) et rouge (travail) de la section d'arrêt, et le côté droit les feux vert et jaune de la section de ralentissement. Le *strap* entre 4 et 11 ne doit pas être mis, mais il faut ponter les bornes 10 et 12 pour amener le courant sur le commun du relais et le bornier K7 en fonction de la polarité du feu.

La **Figure 11.5** résume le câblage du module pour les feux, avec les significations suivantes :

- 1 et 2 : entrée 12 volts CC
- 3 et 4 : entrée fil rouge du *booster*
- 5 : feu rouge, arrêt sur le canton "N-1 »
- 6 : feu jaune, ralentissement sur le canton « N-1 »
- 9 et 12 feux verts sur le canton « N-1 »
- 13 : entrée détection sur le canton « N ».

Figure 11.5 – Dessin des connexions sur les borniers pour les feux.



Sur le second relais (figure B), le *booster* est câblé sur la position « repos » du relais, et les générateurs de freinage sont branchés sur la position « travail ». La sortie se fait par le « commun ». Le côté gauche permute le *booster* et le générateur d'arrêt sur la section d'arrêt, et le côté gauche fait la même chose sur la section de ralenti. Le *strap* entre 4 et 11 doit être mis, et il ne faut pas ponter les bornes 10 et 12. Par contre il faut ponter les bornes 4 et 11 et ne pas mettre de cavalier sur le bornier K7.

La **Figure 11.6** résume le câblage du module pour le ralenti et l'arrêt, avec les significations suivantes :

- 1 et 2 : entrée 12 volts CC
- 3 : fil rouge du *booster*
- 5 : entrée du générateur de ralentissement
- 6 : entrée du générateur de ralentissement et arrêt
- 10 : sortie vers la section ralentissement sur le canton « N-1 »
- 12 : sortie vers la section arrêt sur le canton « N-1 »
- 13 : entrée détection sur le canton « N ».

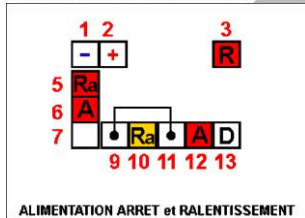
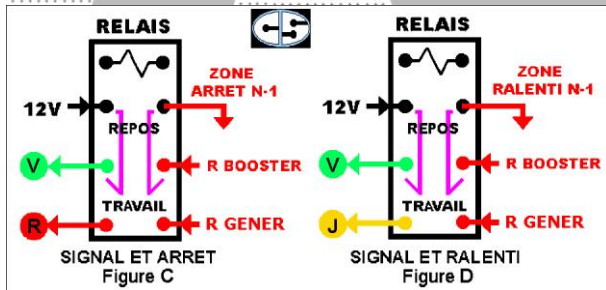


Figure 11.6 – Dessin des connexions sur les borniers de ralenti et d'arrêt.

Vous trouverez en fin des sections sur la **Figure 11.11** un câblage plus précis sur les rails marqués « R » pour le rouge le « N » pour le noir.

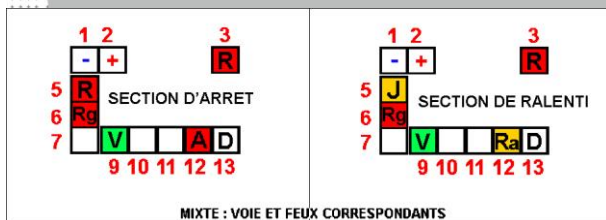
6.11.7 – Fonctionnement avec deux modules mixtes



Dans ce cas, un module est dédié à l'alimentation de la section d'arrêt et de son feu (**figure C**), et l'autre est consacré à l'alimentation de la section de freinage et de son feu (**figure D**).

Le côté gauche du relais gère le feu, et le côté droit gère l'alimentation de la section de voie.

Figure 11.7 – Dessin des branchements sur chaque relais mixte.



La **Figure 11.8** résume le câblage des deux modules pour le ralenti et l'arrêt, avec les significations suivantes :

- 1 et 2 : entrée 12 volts CC
- 3 : fil rouge du *booster*
- 5 : sortie du feu rouge (ou jaune) sur le canton « N-1 »
- 6 : entrée du générateur d'arrêt
- 9 : sortie feu vert sur les deux sections du canton « N-1 »
- 12 : sortie vers la section arrêt ou de ralentissement sur le canton « N-1 »
- 13 : entrée détection sur le canton « N ».

Figure 11.8 – Dessin des connexions sur les borniers de ralenti et d'arrêt.

Vous trouverez en fin des sections sur la **Figure 11.12** un câblage plus précis sur les rails marqués « R » pour le rouge le « N » pour le noir.

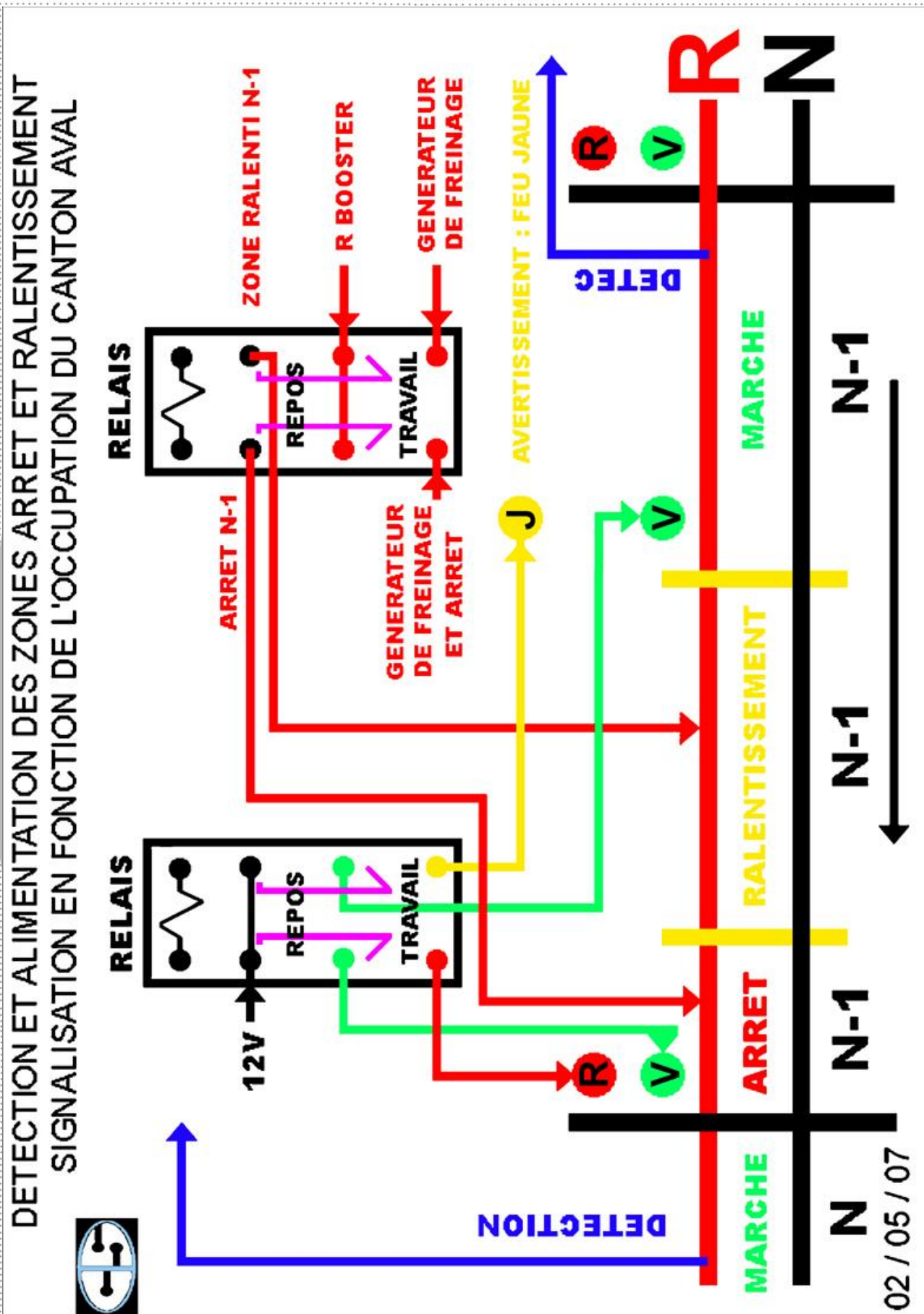


Figure 11.11 – Câblage avec les relais dédiés.

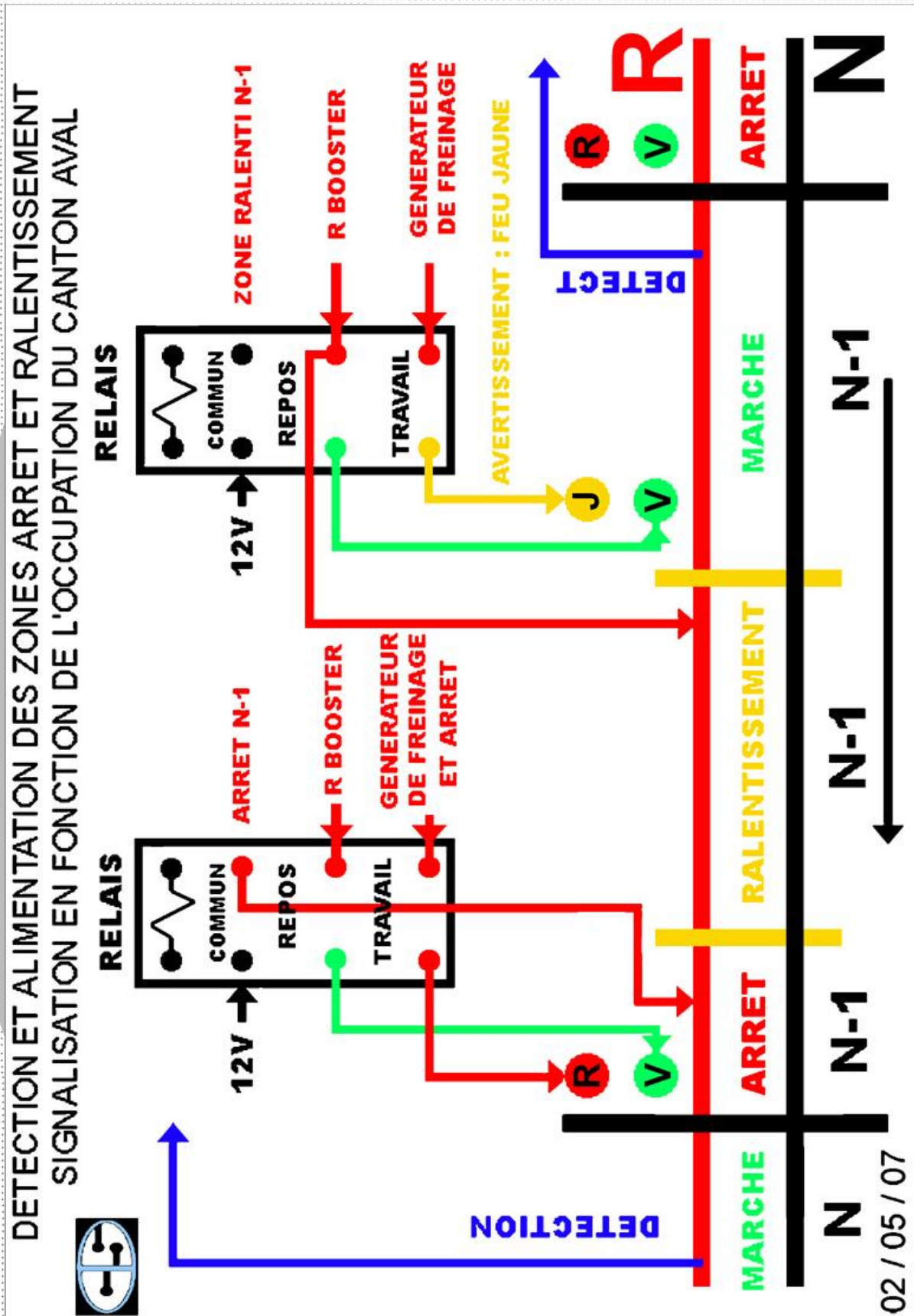


Figure 11.12 - Câblage avec les relais mixtes.

6.11.8 – Un exemple de câblage complet sur trois cantons avec le module à un relais

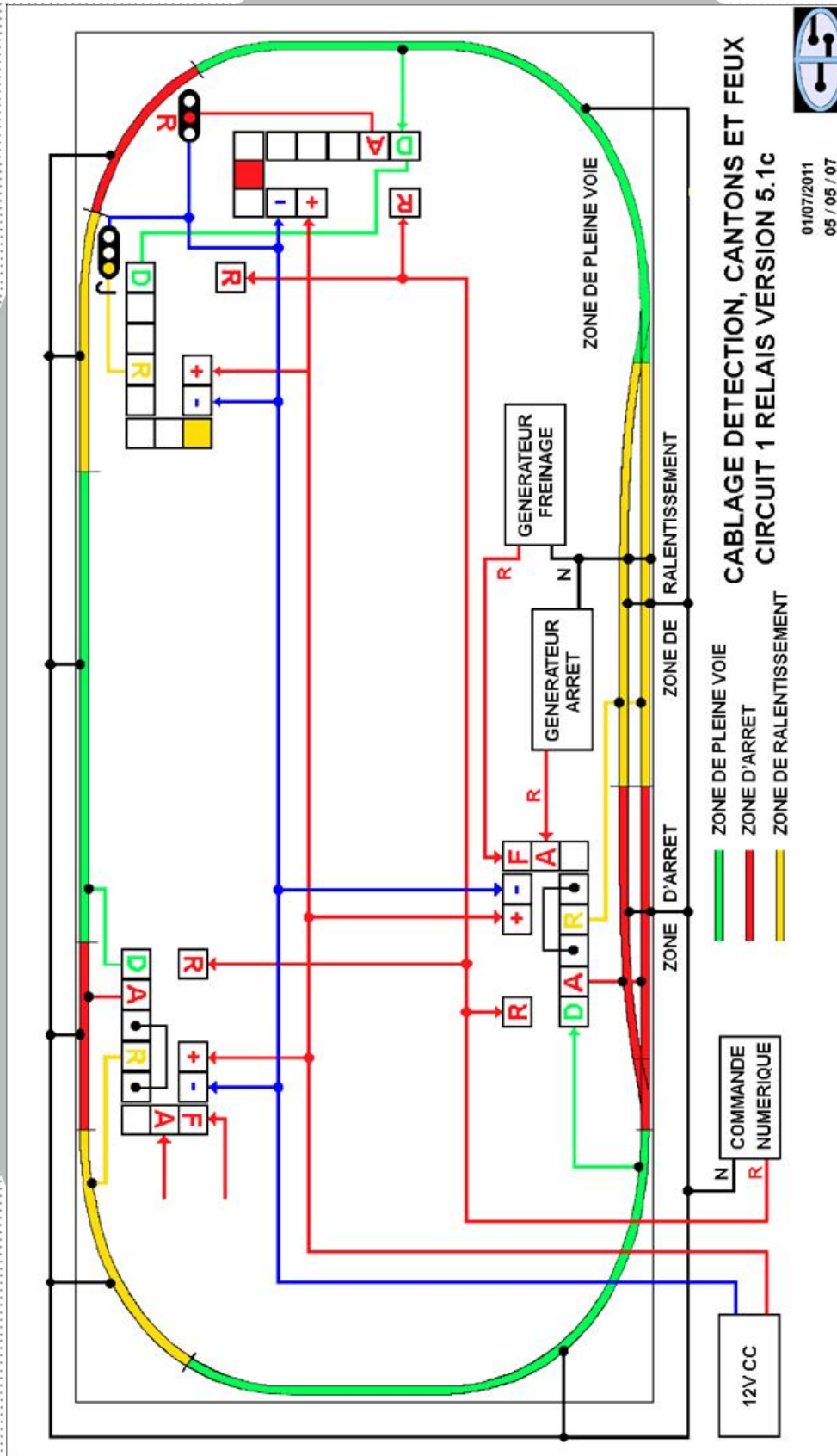


Figure 11.13 – Câblage de trois cantons avec les relais mixtes.

6.11.9 – Deux exemples de câblage avec le module à un relais

Les deux figures suivantes donnent des exemples de câblage en fonction de l'utilisation des relais en « dédié » ou en « mixte ». Les rails sont signalés par les lettres « N et R » à droite.

La **Figure 11.13** montre un exemple de câblage des trois cantons avec des relais « mixtes ». La section de pleine voie est verte. La section de ralentissement est jaune. La section d'arrêt est rouge.

En bas à droite et à gauche vous voyez les branchements pour alimenter les sections arrêt, ralentissement et pleine voie. Pour alléger le dessin seul le relais de droite est branché aux deux générateurs de freinage et d'arrêt. En haut vous voyez le câblage du feu rouge de la section d'arrêt, et le feu jaune de la section freinage, parce que le canton aval est occupé.

6.11.10 – Le circuit imprimé à deux relais

Lors des essais nous sommes passés très vite à un nouveau circuit avec deux relais. Les composants sont les mêmes. Cependant ce module comporte quelques composants destinés à créer le 12 volts continu à partir du courant du bus de voie par les sorties 12 et 13, pour éviter d'avoir une alimentation complémentaire. Cette option, qui se trouve à droite sur la **Figure 11.9**, n'a pas été maintenue par la suite. Ce prototype n'a pas le choix du fil commun pour les feux.

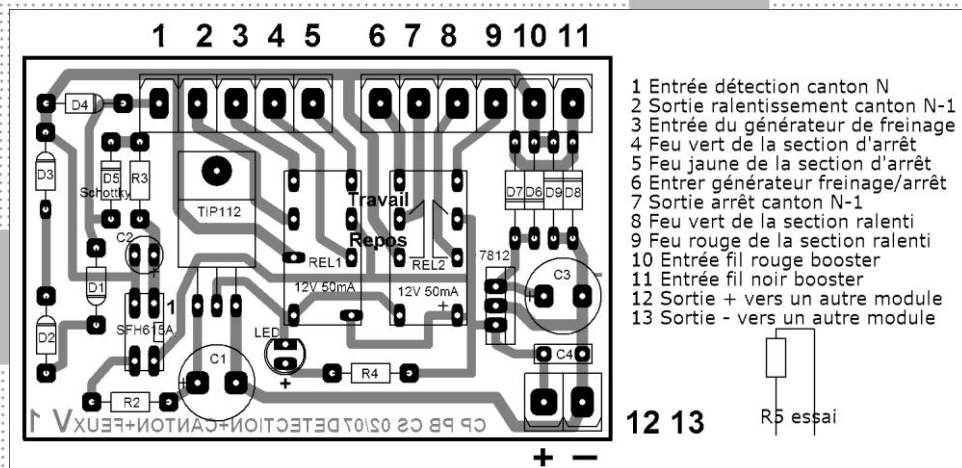
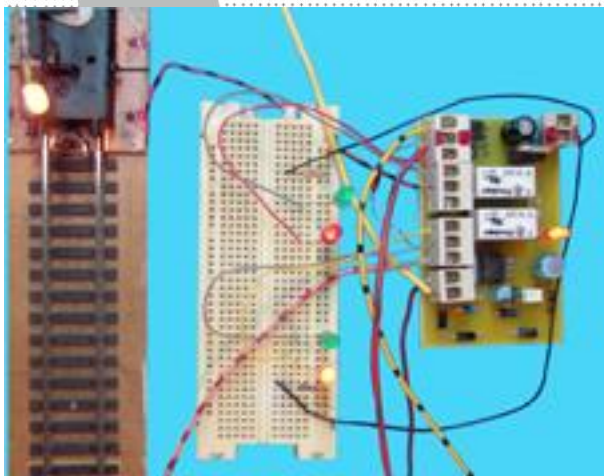


Figure 11.9 – Dessin du circuit imprimé avec deux relais.



Le fonctionnement est le même que celui décrit précédemment. Les relais sont câblés en **mixte**.

La **Figure 11.10** montre l'essai du premier circuit prototype. On voit mal les LED rouges et jaune allumées qui représentent les feux de signalisation sur la platine d'essais au centre. Les générateurs de freinage ne sont pas branchés.

A gauche vous voyez le nez de la locomotive Jouef (sans sa caisse) avec son ampoule avant éclairée.

Figure 11.10 – Essai du circuit imprimé avec deux relais.

6.11.11 – Le générateur de freinage

Pour terminer nous allons parler du générateur de freinage. L'idée de ce circuit imprimé est une reprise du travail de Pascal Triquenaux dont le site n'existe plus. Claude l'a modifié pour l'adapter à son système de cantonnement.

Contrairement au fonctionnement en courant continu, ce n'est pas la diminution de la tension qui génère le ralenti ou l'arrêt, mais l'envoi d'un paquet de donnée numérique spécifique sur la section concernée : le paquet de diffusion générale d'arrêt (*broadcast*) pour tous les décodeurs (Voir dans la [section 3.23 du chapitre 3](#)). C'est le générateur de freinage qui génère ce paquet d'arrêt général en permanence.

Figure 11.14 – Circuit imprimé du prototype du générateur de freinage.

En cas d'occupation du canton aval, le relais du module de cantonnement commute le signal d'arrêt, issu du générateur de freinage, à la place du signal du *booster* sur la section de voie. Il ordonne à toutes les locomotives se trouvant sur cette section de voie de s'arrêter. La locomotive entame alors sa courbe de décélération jusqu'à l'arrêt. Le CV#4 doit être réglé pour adapter la progressivité du freinage et la longueur de section d'arrêt.

Lorsque le canton aval est libéré par le convoi qui l'occupait, la détection de présence informe le module de cantonnement. Le relais commute sur le signal du *booster* de la station de commande pour alimenter la section normalement. La locomotive retrouve sa consigne de vitesse initiale et elle entame donc son accélération selon la courbe programmée dans le CV#3.

Ce dispositif permet de garder la section d'arrêt sous tension. Un seul générateur de freinage suffit pour le réseau de taille moyenne, car les sections d'arrêt ne doivent alimenter que les machines au repos ou en période de ralentissement. Cela est en relation avec la puissance du transformateur utilisé pour alimenter le générateur de freinage. Pendant la phase de démarrage et d'accélération la locomotive c'est le *booster* de la commande numérique qui fournit la tension.

La circulation est très réaliste. Le convoi ralentit, ou s'arrête en douceur, en fonction de la valeur du CV#4, et / ou de la courbe de vitesse en service. Le démarrage est progressif conformément à la valeur du CV#3, et / ou de la courbe de vitesse en service. Les fonctions sont conservées, les sons persistent (jet de vapeur, compresseur, trompes etc.), et l'arrêt devant un feu de canton est plus précis.

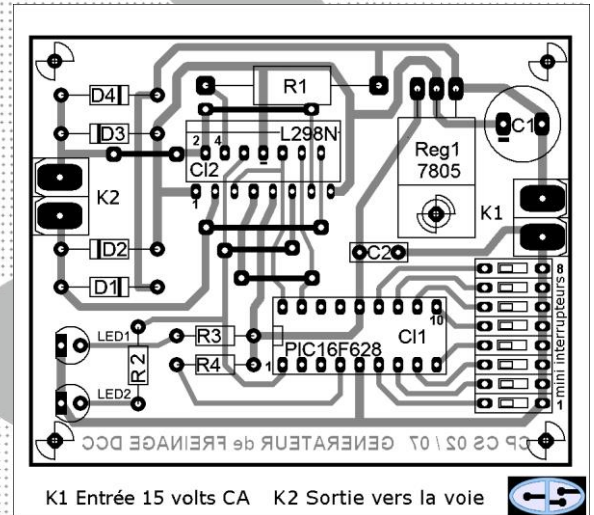
Le générateur de freinage peut aussi servir à ralentir toutes les machines à l'entrée d'une gare ou sur une zone de travaux simulée sur la voie ; là où la vitesse de tous les convois doit être réduite.

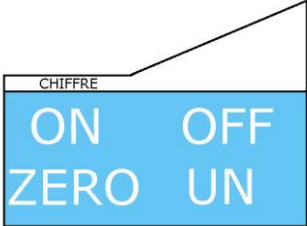
Le PIC 16F628 (CI1) est programmé pour piloter un amplificateur de puissance spécialisé le L298 (CI2), qui fait fonction de *booster*. La valeur de la résistance « R1 » qui donne la tension de sortie du L298, doit être choisie en fonction de l'échelle du réseau. Le circuit est alimenté avec un courant alternatif de 15 volts (attention à la position du câble d'alimentation pour éviter les interférences).

Un jeu de huit mini-interrupteurs, S 1 à S 8 en bas à droite du circuit sur la [Figure 11.14](#) détermine :

- la commande l'arrêt
- ou le sens de marche
- et la vitesse à laquelle on veut que la machine roule sur la section.

Le tableau ci-dessous donne le détail du rôle de chaque interrupteur. Il faudra configurer les mini-interrupteurs selon l'utilisation désirée.



POSITION DES MINI-INTERRUPTEURS								
8	7	6	5	4	3	2	1	N° INTER
SENS	FL	F1	F2	VITESSE				CRAN
Sens sur l'interrupteur « 8 » : 0 pour marche avant 1 pour arrière				0	0	0	0	0
				0	0	0	1	STOP
FL : lumières F1, F2 : fonctions				0	0	1	0	2
				0	0	1	1	4
Sur les interrupteurs « 5 à 7 » Fonction : 0 pour marche 1 pour arrêt				0	1	0	0	6
				0	1	0	1	8
 <p>POSITION DE L'INTERRUPTEUR :</p> <p>Côté chiffre enfoncé = 0 (position ON)</p> <p>Côté chiffre levé = 1 (position OFF)</p> <p>Figure 11.15 – Profil du mini-interrupteur.</p>				0	1	1	0	10
				0	1	1	1	12
				1	0	0	0	14
				1	0	0	1	16
				1	0	1	0	18
				1	0	1	1	20
				1	1	0	0	22
				1	1	0	1	24
				1	1	1	0	26
				1	1	1	1	28

Mettre sur ON ou OFF les interrupteurs choisis.

Exemple pour la vitesse :

- si vous voulez que la locomotive roule sur le cran 10 dans la section de ralenti, vous entrez la valeur 0110 sur les interrupteurs « 1 à 4 ».

Sur le cran « 0 » de valeur 0000, le convoi s'arrête en douceur. C'est la valeur à entrer pour le générateur lorsqu'il alimente la section d'arrêt.

Sur le cran « 1 » de valeur 0001, le convoi s'arrête instantanément (sans intérêt).

Vous trouverez la dernière évolution des modules de cantonnement, du générateur de freinage, et toutes leurs applications, dans la rubrique « CANTONNEMENT » sur le site de Claude : <http://www.bootentrain.fr/>

6.11.12 – Comment exploser un condensateur ? : en le montant à l'envers

La **Figure 11.16** montre à gauche l'état lamentable du condensateur chimique du générateur **que j'ai monté à l'envers**. Cela a fait une magnifique explosion lors de la mise sous tension. Heureusement que personne ne se trouvait sur la trajectoire de la capsule en aluminium. Cet incident s'est produit lors du montage du réseau d'essai de Claude pour l'exposition d'Arvers (Charente maritime) le 22 septembre 2007. Pendant ces deux jours, le réseau a fonctionné sans freinage, par manque de condensateur pour réparer.

Figure 11.16 – Le prototype du générateur de freinage hors service.



Comme quoi, une seconde d'inattention au montage aurait pu avoir des conséquences catastrophiques.