

Un booster de tension au QSJ QRP pour un *transceiver* mobile

Introduction :

Les *transceivers* que les radioamateurs utilisent en mobile sont alimentés pour la plupart de ceux-ci sous une tension *DC* (courant continu) dont la valeur nominale est de 13,8 V. La raison est simple : il s'agit de la tension qui est immédiatement disponible à bord d'un véhicule automobile et aux bornes de l'accumulateur au plomb (batterie) qui sert à démarrer le moteur de la voiture.

Et pourtant, on a l'habitude de mentionner une valeur de tension de 12 V pour une batterie de voiture. Alors, d'où vient cette tension de 13,8 V ?

La tension nominale d'une batterie de voiture est bien de 12 V lorsque celle-ci alimente n'importe quel circuit (phares, autoradio, etc.) lorsque le moteur est à l'arrêt. La tension aux bornes d'une batterie en fin de décharge chute à une valeur de 11,8 V. En revanche, lorsque le moteur tourne, celui-ci entraîne un alternateur suivi d'un pont redresseur et d'un régulateur de tension qui recharge la batterie en permanence de façon à ce que celle-ci soit rechargée jusqu'à sa capacité maximale, par exemple lors d'un trajet parcouru en voiture.

La tension aux bornes d'une batterie au plomb s'élève à une valeur de 13,8 V lorsqu'elle est en recharge au moyen de l'alternateur de la voiture, c'est-à-dire lorsque le moteur tourne. C'est ainsi que la tension nominale d'alimentation des *transceivers* mobiles est de 13,8 V et non pas de 12 V. Toutefois, les *transceivers* mobiles peuvent être alimentés en 12 V : ils sont tous prévus pour une plage de tension qui est comprise entre 11,8 V et 14,0 V. Il s'agit ici d'un ordre de grandeur car certains *transceivers* peuvent admettre une plage de tension légèrement plus large, par exemple 13,8 V ± 15 % (11,7 V à 15,8 V).

Alors, pourquoi s'inquiéter d'alimenter un *transceiver* mobile sous une tension de 13,8 V et non pas en 12 V ?

La réponse est simple : la puissance de sortie radiofréquence au connecteur d'antenne du *transceiver* est spécifiée par le constructeur lorsque l'appareil est alimenté sous une tension nominale de 13,8 V. Dans la pratique, on s'aperçoit que la puissance de sortie HF est relativement réduite lorsque le *transceiver* est alimenté sous une tension de 12 V lorsque le moteur du véhicule est à l'arrêt. Par exemple, le PA d'un *transceiver* de 50 W sous 13,8 V ne délivre plus qu'environ 30 W sous une tension de 12 V.

Pourquoi m'inquiéter d'une puissance HF réduite sous une tension d'alimentation 12 V, alors que j'utilise toujours le *transceiver* mobile pour des QSO's lorsque je roule en voiture lors d'un trajet, que le moteur tourne, et que la tension d'alimentation est de 13,8 V ?

Exemples de l'utilisation d'un *transceiver* en mobile « arrêté »

Il n'est pas rare de terminer un QSO lorsque l'on est arrivé à destination après un trajet en voiture. Dans ce cas, on préfère arrêter le moteur du véhicule pour plusieurs raisons :

- Ici en Belgique, c'est la loi d'arrêter le moteur de son véhicule lorsqu'on est à l'arrêt où lorsqu'on est stationné. Cette loi est entrée en vigueur le 1^{er} mars 2019 suite au décret du 17 janvier 2019 qui est paru au moniteur belge le 21 février 2019 (Chapitre III Art. 14 ; Art REG 2.22 et 2.23).
- Arrêter le moteur de la voiture en stationnement contribue à diminuer la pollution de l'air.
- Arrêter le moteur de la voiture évite un ronronnement prolongé de celui-ci et cela évite de déranger les voisins qui habitent tout près de l'endroit où vous vous êtes stationné.

Lors des exercices B-EARS (*Belgium Emergency Amateur Radio Services*), ou en cas d'une situation réelle nécessitant la mise en œuvre d'un plan d'urgence, les radioamateurs se mettent à la disposition des services de secours d'une commune, ville, province, région ou d'un pays pour renforcer leurs moyens de télécommunication. Pour la plupart des radioamateurs qui sont membres de B-EARS, ceux-ci opèrent une station radio au moyen d'un *transceiver* mobile. Ce *transceiver* est en général alimenté par une batterie auxiliaire de grosse capacité (de l'ordre de 90 Ah) qui est déposée dans le coffre de la voiture. En effet, il vaut mieux ne pas décharger prématurément la batterie d'origine de la voiture car cela aurait deux conséquences : l'arrêt prématuré de la station radio et l'impossibilité de redémarrer le moteur de la voiture en fin d'exercice ou en fin d'intervention avec les services de secours.

En ce qui concerne les stations automatiques des radioamateurs (répéteurs ou relais radio), certains répéteurs stratégiques à grande couverture radio disposent d'une alimentation secourue au moyen d'une batterie installée à demeure. Cette batterie est en permanence en maintien de charge grâce à la présence d'un réseau de distribution d'énergie électrique 230 V 50 Hz. Lors d'une catastrophe, on peut très bien imaginer la disparition de ce secteur d'énergie. Pour que le répéteur puisse continuer à assurer son service de couverture radio, un commutateur automatique transistorisé bascule l'alimentation sur secteur vers une alimentation sur batterie 12 V d'une très grosse capacité de charge (parfois de l'ordre de 240 Ah).

Comment alimenter un *transceiver* sous une tension nominale de 13,8 V à partir d'une batterie qui n'est plus en recharge et dont la tension nominale en charge est de 12 V ?

C'est le rôle d'un *booster* de tension, littéralement de l'anglais : élévateur de tension. Lorsque l'on doit abaisser ou élever une tension en AC (courant alternatif), c'est facile : il suffit d'utiliser un transformateur d'alimentation. En DC (courant continu) il est impossible d'utiliser un simple transfo (tout le monde le sait). On utilise, dans le cas du DC, une alimentation à découpage (*Switching Power Supply*) qui est spécifique pour élever une tension d'entrée de 12 V vers une tension de sortie de 13,8 V. On appelle parfois ce dispositif « convertisseur de tension DC - DC ».

Il existe sur le marché de seconde main, ou bien sur des sites spécialisés dans la vente de produits à des prix compétitifs sur Internet toute une série de *boosters* dont les tensions d'entrée et de sortie correspondent à nos besoins. Ces *boosters* sont parfois très compacts et ont souvent des caractéristiques en courant maximum admissible qui sont largement suffisantes (de l'ordre de 30 A) pour alimenter un *transceiver* mobile. Les constructeurs de ces *boosters* sont souvent d'origine asiatique et cela peut parfois expliquer le fait que ce type de produit est vendu à bas prix sur des sites Internet.

Quelles sont les performances d'un *booster* d'origine asiatique et vendu à bas prix ?

La seule manière de le savoir est de s'approvisionner d'un ou de quelques exemplaires de ce type de *booster* et d'en évaluer les performances avec des appareils de mesure. Tel est le but de cet article technique : expliquer ce qu'il y a lieu d'évaluer, ce qu'il faut mesurer et dans quelles conditions on doit effectuer les mesures. Enfin, l'essentiel, savoir interpréter les résultats des mesures et pouvoir en tirer des conclusions afin de valider ou non le *booster* sous test ; en d'autres mots : voir si ce type de *booster* est approprié dans une application avec du matériel de radiocommunication.

Il y a plusieurs critères à évaluer sur un *booster* de tension ou sur une alimentation à découpage lorsque l'on utilise ce type de produit pour alimenter un appareil de télécommunication par radio :

- Tension de sortie en fonction de la charge, c'est-à-dire en fonction du courant consommé (*Load Regulation*) ;
- Tension de sortie en fonction de la tension d'entrée, cela sous différentes valeurs données et fixes du courant consommé (*Line Regulation*) ;
- Fréquence de découpage du *booster* ou de l'alimentation ;
- Tension d'ondulation résiduelle (*Ripple*) présente et superposée sur la tension *DC* de sortie ; dans le cas d'un *booster* de tension : forme et amplitude des signaux parasites *AC* véhiculés sur les lignes de sorties *DC* ;
- Rayonnement électromagnétique en provenance du *booster* dans son environnement proche (*Near Field*) ;
- Influence du *booster* sur la sensibilité de la partie réceptrice du *transceiver* ;
- Comportement du *booster* lors d'un saut brusque de courant.

On peut envisager d'autres tests, comme par exemple la mesure de la température du *booster* lorsque celui-ci est à pleine charge (à la valeur maximale du courant admissible en sortie) pendant une période prolongée (*Burn In Test*), etc.

Quels sont les appareils de mesure nécessaires pour évaluer un *booster* sous test ?

- Un multimètre de précision pour des mesures de tension à $\pm 0,01$ V sur une étendue de mesure de 20 V ;
- Un ampèremètre de faible résistance interne et d'une étendue de mesure supérieure à la capacité maximale en courant du *booster* sous test ; ou bien un shunt de mesure et un millivoltmètre de précision ;
- Une charge résistive de différents calibres et d'une puissance suffisante pour absorber la consommation maximale admissible à la sortie du *booster* ; ou bien une charge active transistorisée ;
- Un oscilloscope analogique ou numérique d'une bande passante de 100 MHz ou supérieure ;
- Un analyseur de spectre basses fréquences ou moyennes fréquences ;
- Une boucle inductive calibrée pour la mesure d'un champ électromagnétique ;
- Un générateur à hautes fréquences avec modulateur interne FM (modulation de fréquence) ;
- Un analyseur audio avec fonction de mesure SINAD-mètre (mesure du rapport signal sur bruit et distorsion).

Il faut reconnaître que tous ces appareils de mesure ne sont pas toujours à la portée de tous les radioamateurs. Toutefois, avec un bon multimètre, un bon ampèremètre et un oscilloscope, on peut déjà réaliser beaucoup de tests pour l'évaluation d'un *booster* de tension.

Quel est le type ou le modèle le *booster* de tension sous test ?

Il s'agit du modèle XW-12-13.8-414W que l'on trouve relativement facilement en vente par Internet pour un prix modique.



Fig. 1 : *Booster* de tension sous test. Tension d'entrée 12 V ; tension de sortie 13,8 V ; courant maximal admissible 30 A. Photo : ON4IJ.

L'électronique du *booster* sous test est logée dans une coquille en aluminium injecté formant un carter muni d'ailettes de refroidissement (dissipateur de chaleur). L'électronique est moulée sous une résine dans le carter en aluminium. Le raccordement s'effectue par des connexions directes au moyen de segments de fils de câblage.

Test de la tension de sortie en fonction de la charge (courant consommé à la sortie) :
Load Regulation

Le *booster* de tension est alimenté sous une tension constante de 12 V au moyen d'une alimentation de laboratoire HP 6525A (0 - 20 V / 0 - 25 A). Cette alimentation ne permet pas de tester le *booster* jusqu'à sa capacité maximale en courant. Toutefois, cette alimentation permet de tester le *booster* sous un courant de consommation de 20 A, ce qui correspond largement et même au-delà de la valeur typique du courant de consommation d'un *transceiver* mobile d'une puissance HF de 50 W lorsque celui-ci est en émission à pleine puissance radiofréquence.

La charge utilisée lors des tests est une charge active transistorisée HP 6050A munie de deux tiroirs de charge HP 60504B (60 V / 120 A / charge maximale de 600 W). La charge active est paramétrée à courant constant (quel que soit la tension appliquée à ses bornes). Le courant de charge est paramétrable au moyen de l'encodage de celui-ci par l'intermédiaire d'un pavé numérique. Cette charge active dispose d'un voltmètre et d'un ampèremètre de précision pour un simple contrôle par lecture directe de ces deux grandeurs électriques.

Les tensions d'entrée et de sortie sont mesurées directement aux connexions du *booster* de tension au moyen d'un multimètre Fluke 28.



Fig. 2 : *Setup* de mesure pour l'évaluation d'un *booster* de tension avec une alimentation DC de labo, une charge active, un multimètre de précision et un oscilloscope analogique. Photo : ON4IJ.

Valeurs des tensions de sortie mesurées en fonction de la charge :

Pour une tension d'entrée de 12 V au *booster* :

Courant de sortie	0 A	1 A	2 A	5 A	10 A	15 A	20 A
Tension de sortie	14,04 V	14,04 V	14,03 V	14,02 V	14,00 V	13,97 V	13,95 V

Pour une tension d'entrée de 11,8 V au *booster* :

Courant de sortie	0 A	1 A	2 A	5 A	10 A	15 A	20 A
Tension de sortie	14,04 V	14,04 V	14,04 V	14,02 V	14,00 V	13,98 V	13,96 V

On remarque que la valeur de tension à la sortie du *booster* est un peu généreuse et est plus proche de 14 V que 13,8 V. Ce n'a aucune conséquence pour l'alimentation du *transceiver* pour deux raisons : la première est qu'un *transceiver* admet sans problème une tension de 14 V ; la deuxième est qu'il peut y avoir une chute de tension dans les fils de raccordement entre la sortie du *booster* (placé dans le coffre arrière de la voiture) et le *transceiver* (placé près du tableau de bord de la voiture).

La régulation de ce petit *booster* est excellente : la chute de tension à pleine charge est relativement minime.

Test de la tension de sortie en fonction de la tension d'entrée sous un courant constant donné : *Line Regulation*

Le *booster* est alimenté sous une tension dont les valeurs sont de plus en plus petites et bien en deçà de la tension de fin de décharge d'une batterie au plomb. Il s'agit ici de « pousser le *booster* dans ses derniers retranchements ». Deux valeurs de courant de sortie ont été choisies : 2 A et 15 A. Cela correspond au courant consommé par un *transceiver* mobile en réception et en émission.

Pour un courant à la sortie du *booster* de 2 A :

Tension d'entrée	11,5 V	11,0 V	10,5 V	10,0 V	9,5 V	9V
Tension de sortie	14,04 V	14,04 V	14,04 V	14,04 V	14,03 V	14,03 V

Pour un courant à la sortie du *booster* de 15 A :

Tension d'entrée	11,5 V	11,0 V	10,5 V	10,0 V	9,5 V	9V
Tension de sortie	13,98 V	13,98 V	13,98 V	13,98 V	13,97 V	13,97 V

Fréquence de découpage du *booster* de tension :

Comme un *booster* de tension est basé sur le principe d'une alimentation à découpage, ici en particulier selon le principe d'un convertisseur *DC - DC*, le courant continu est « haché » ou est commuté pour le transformer en courant *AC*. En général la commutation est franche et abrupte, ce qui donne un signal carré (ou rectangulaire) au courant *AC*. Il en résulte des signaux parasites de commutation sous la forme d'oscillations amorties. La fréquence de ces oscillations est relativement élevée et de loin supérieure à la fréquence de découpage du *booster*.

Pour visualiser ces signaux résiduels de la commutation, on branche un oscilloscope en dérivation sur la sortie du *booster*. Il y a lieu de bien vérifier que le pôle négatif (ou 0 V) soit commun avec la masse ou soit éventuellement isolé de la masse de façon à raccorder correctement la masse de la sonde de l'oscilloscope.

Dans un premier temps, le signal est visualisé sur un oscilloscope analogique Tektronix 2465B (400 MHz) avec une sonde Tek P6137 (x10 ; 400 MHz). Ultérieurement, afin de mieux visualiser le signal en détail, celui-ci sera examiné sur un oscilloscope numérique Tektronix TDS7104 (4 traces 1 GHz ; 5 GS/s Real Time) avec une sonde P6139B (x10 ; 500 MHz).

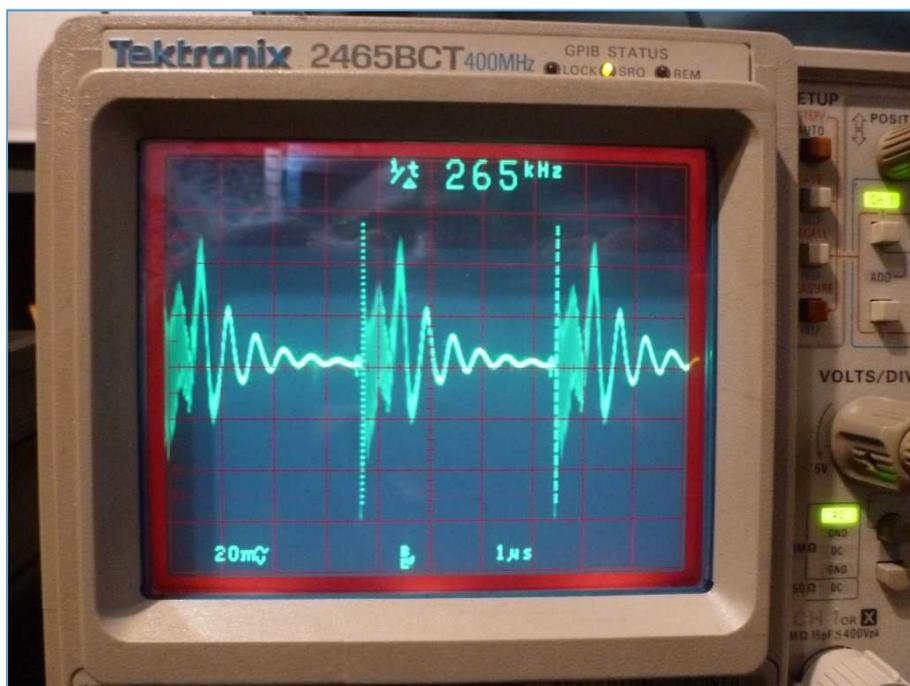


Fig. 3 : Visualisation des signaux parasites superposés à la tension *DC* à la sortie du *booster* de tension sur un oscilloscope analogique. La fréquence de découpage est de 265 kHz. Photo : ON4IJ.

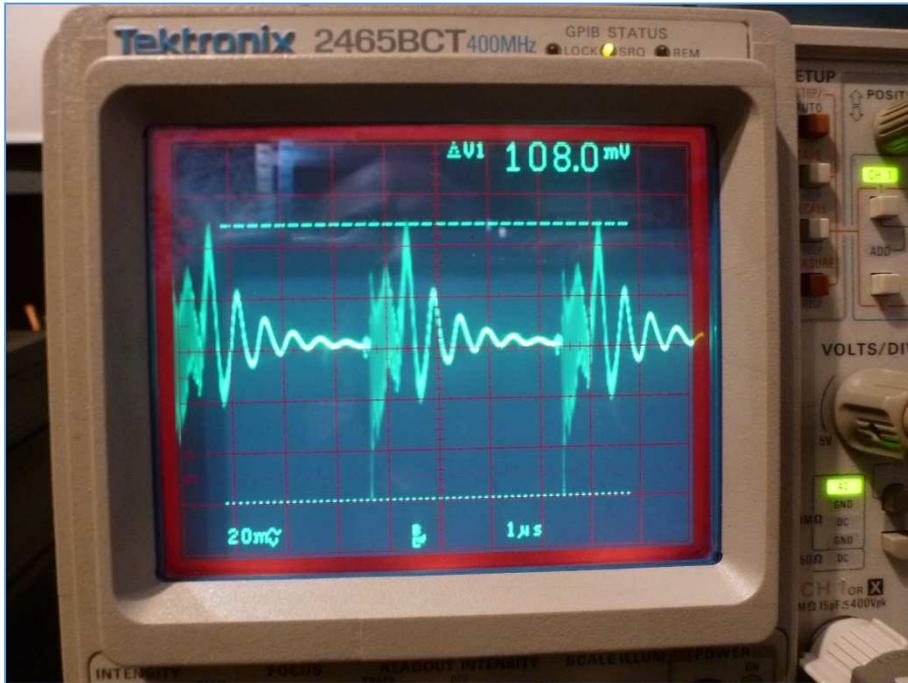


Fig. 4 : Amplitude de 108 mVpp des signaux parasites mesurée sous un courant de 2 A à la sortie du booster. Photo : ON4IJ.

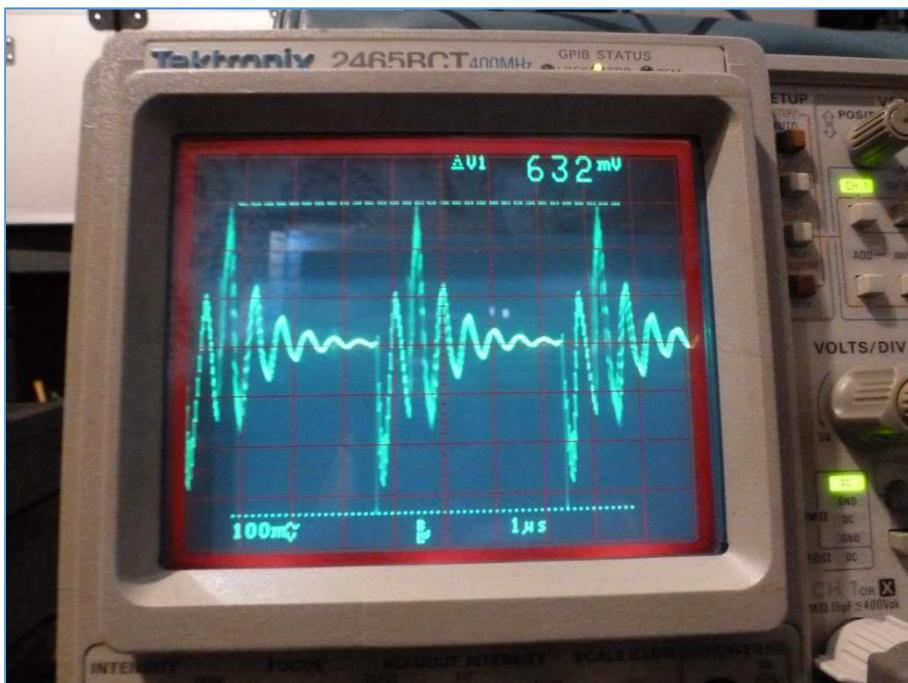


Fig. 5 : Amplitude de 632 mVpp des signaux parasites mesurée sous un courant de 15 A à la sortie du booster. Photo : ON4IJ.

On constate que l'amplitude crête à crête du signal parasite est assez conséquente. On verra par la suite avec l'analyse en détail de ce signal sur un oscilloscope numérique que l'amplitude est plus conséquente que l'on pourrait le croire. La forme du signal est bien une oscillation amortie de fréquence relativement élevée.

Forme et amplitude du signal parasite de découpage vue en détail sur un oscilloscope numérique :

L'oscilloscope a été paramétré avec une valeur élevée de « *Record Length* », ce qui a permis d'échantillonner le signal à 50 GS/s.

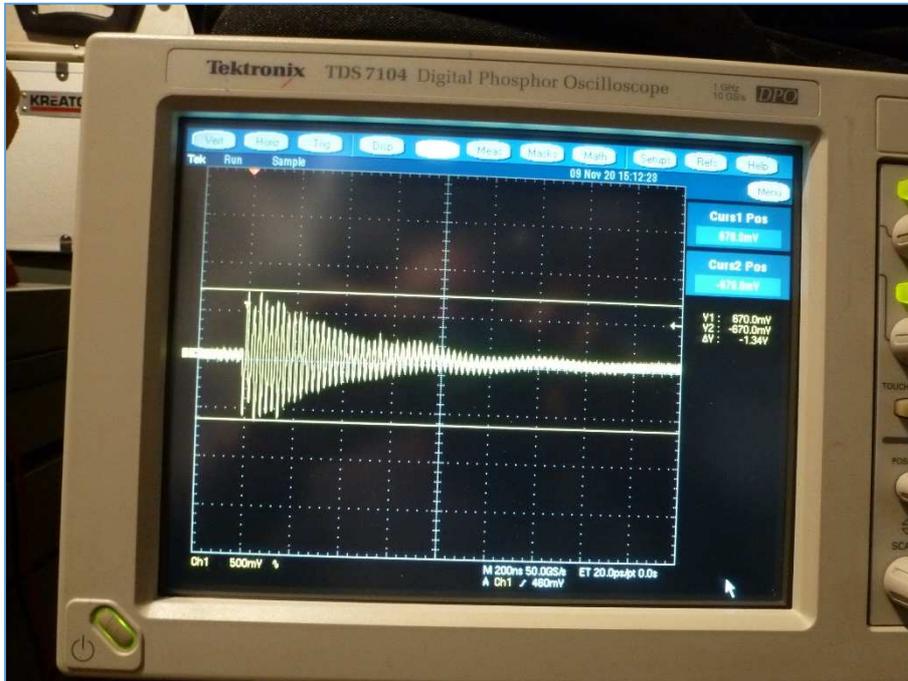


Fig. 6 : Amplitude de 1,34 Vpp des signaux parasites mesurée sous un courant de 2 A à la sortie du booster. Photo : ON4IJ.

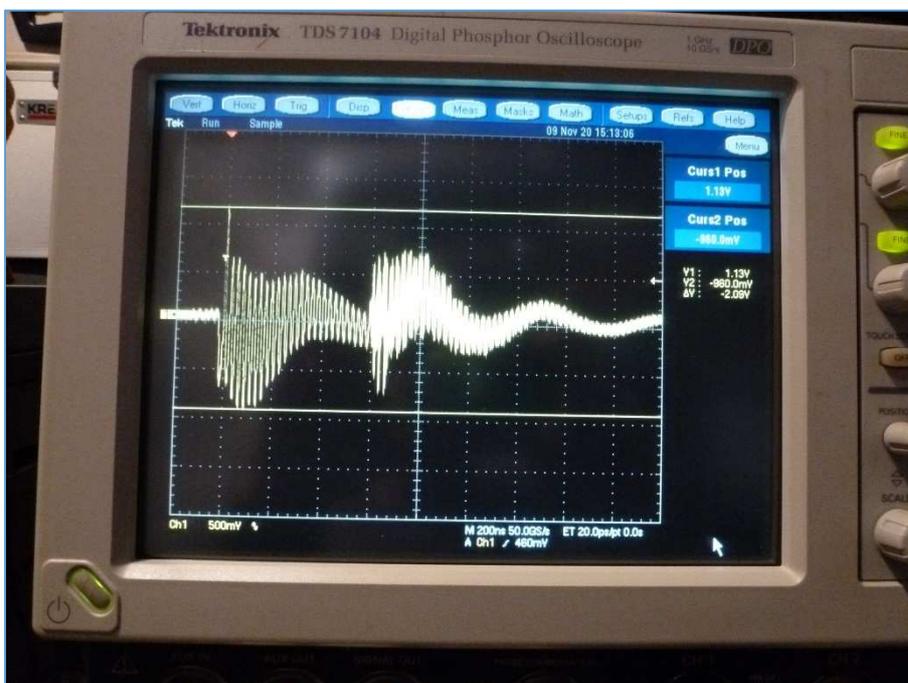


Fig. 7 : Amplitude de 2,09 Vpp des signaux parasites mesurée sous un courant de 15 A à la sortie du booster. Photo : ON4IJ.

On constate un 2^{ème} train d'oscillations lorsque le courant de sortie est de 15 A.

Mesure de la fréquence des oscillations amorties :

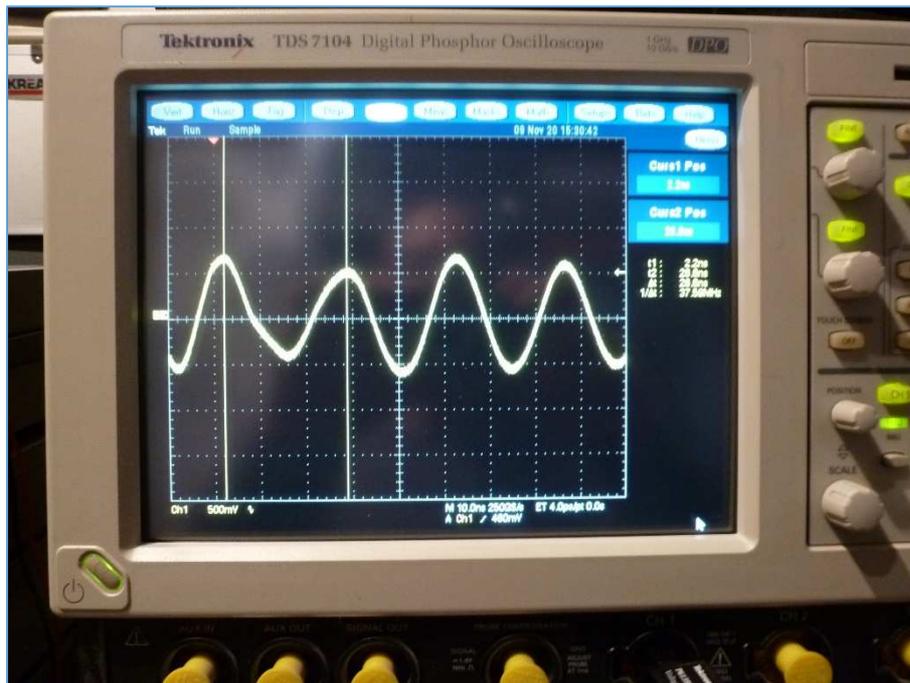


Fig. 8 : Fréquence de 37,68 MHz des oscillations amorties des signaux parasites mesurée sous un courant de 2 A à la sortie du booster. Photo : ON4IJ.

Les oscillations d'une telle fréquence (37,68 MHz) risquent de perturber la partie réceptrice d'un *transceiver* ondes courtes sur les bandes hautes. En revanche, cette fréquence d'oscillation est bien trop basse pour perturber la partie réceptrice d'un *transceiver* ou d'un répéteur radio VHF 2 m / UHF 70 cm.

Rayonnement électromagnétique en champ proche aux abords du *booster* de tension :

Un dispositif à découpage peut perturber la partie réceptrice par conduction directe à cause des signaux parasites superposés sur les lignes d'alimentation. Ce même dispositif peut aussi perturber le récepteur à cause d'un rayonnement direct. Ainsi, il y a lieu de vérifier le spectre du rayonnement électromagnétique qui émane du *booster* de tension aux abords de celui-ci.

On utilise une sonde en forme de boucle inductive que l'on raccorde à l'entrée d'un analyseur de spectre. La plage de fréquence doit démarrer à une fréquence la plus basse possible selon les caractéristiques de l'analyseur de spectre de façon à pouvoir couvrir la bande de fréquence des oscillations amorties des signaux parasites.

Pour pouvoir quantifier l'intensité du champ électromagnétique rayonné par le *booster*, il faut connaître les caractéristiques de la boucle inductive calibrée. On donne dans ces caractéristiques la puissance du signal induit dans la boucle en dBm sur une impédance de charge de 50 Ω en fonction de la fréquence et lorsque cette boucle est placée dans un champ d'induction électromagnétique de 1 μ T (1 micro Tesla).



Fig. 9 : Boucles inductives et sonde capacitive pour des mesures de rayonnements électromagnétiques en champ proche (*Near Field*) au moyen d'un analyseur de spectre. Source : Aaronia AG, Strickscheid, Allemagne ; *Near Field Probe PBS 2, Folder*.

Pour les tests, on a utilisé une boucle inductive d'un diamètre de 50 mm dont la bande passante commence à 1 Hz et va jusqu'à environ 300 MHz.

50mm magnetic field probe:

- ◆ Sensor diameter: 50mm
- ◆ Maximum resonance frequency: 700MHz
- ◆ Connector: 50 Ohms SMB socket (m)

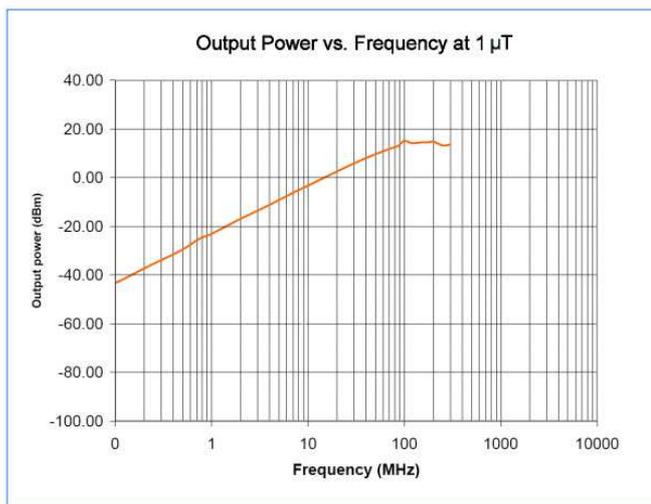


Fig. 10 : Caractéristique d'une boucle inductive d'un diamètre de 50 mm. Source : Aaronia AG, Strickscheid, Allemagne ; *Near Field Probe PBS 2, Folder*.

Pour commencer, la boucle inductive est placée au dos de la coquille en aluminium injecté là-où apparaît le moulage en résine de l'électronique. La boucle est placée à une distance de 3 cm par rapport au plan de la surface du dessous du *booster*.



Fig. 11 : Placement d'une boucle inductive au dos du *booster* pour le relevé en champ proche du rayonnement électromagnétique. Photo : ON4IJ.

Voici le relevé du champ électromagnétique sur un analyseur de spectre HP 8563E muni de l'option 006 (30 Hz - 26,5 GHz).

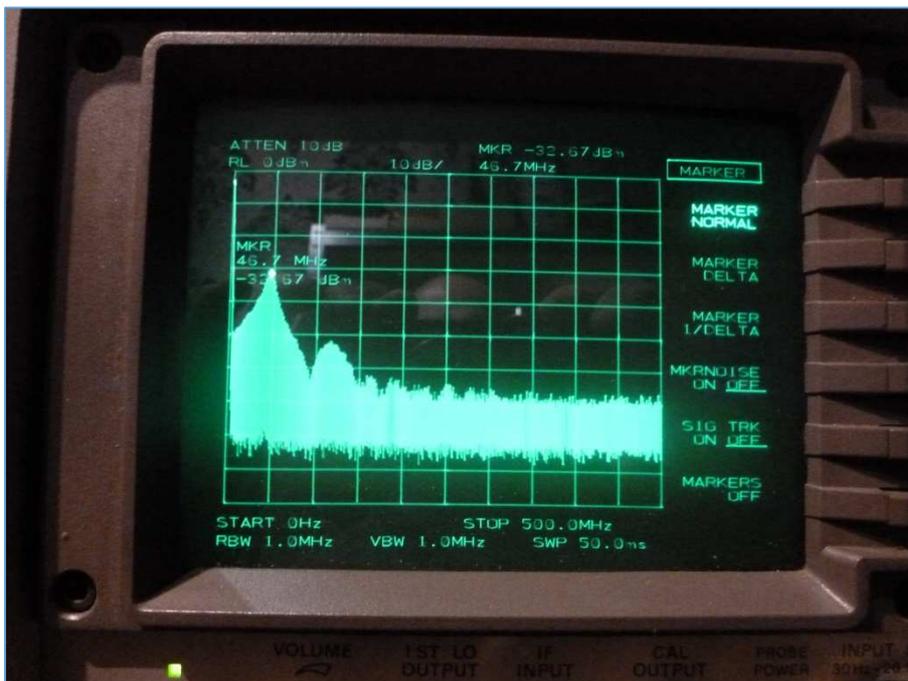


Fig. 12 : Relevé spectral du rayonnement électromagnétique au dos du *booster*. Photo : ON4IJ.

On constate un 1^{er} pic à 46,7 MHz d'une puissance de -32,67 dBm (0,54 μ W) et un 2^{ème} pic à 118,3 MHz d'une puissance de -52,67 dBm (5,4 nW) lorsque la boucle inductive est placée à 3 cm du *booster*.

Ensuite le booster est placé sur une tôle en aluminium pour assurer en quelque sorte la continuité du blindage du *booster*. La sonde inductive est promené aux alentours du booster de façon à localiser l'endroit où le rayonnement est le plus intense : voir photo ci-dessous. La boucle se trouve à une distance de 3 cm par rapport au flanc de la première ailette de refroidissement du *booster*.



Fig. 13 : Placement d'une boucle inductive le long du flanc du *booster* pour le relevé en champ proche du rayonnement électromagnétique. Photo : ON4IJ.

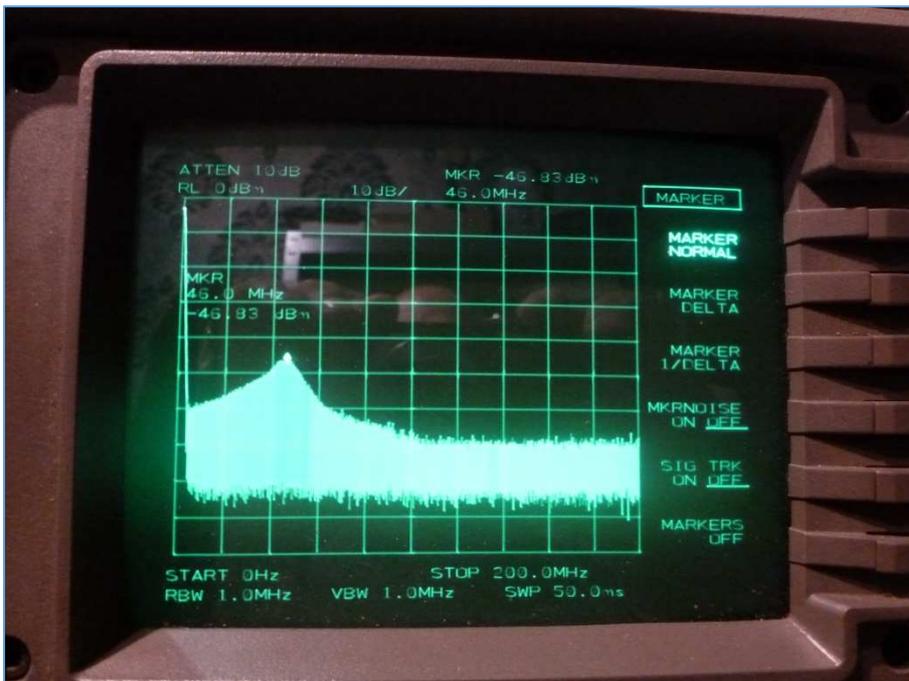


Fig. 14 : Relevé spectral du rayonnement électromagnétique sur le flanc du *booster*. Photo : ON4IJ.

On constate un pic à 46 MHz et d'une puissance de -46,83 dBm (20,7 nW) lorsque la boucle inductive est placée à une distance de 3 cm du *booster*.

On peut considérer qu'à partir de 100 MHz, le rayonnement se noie dans le souffle de l'analyseur de spectre (-70 dBm).

Influence du *booster* sur la sensibilité de la partie réceptrice du *transceiver* :

Rien de tel que d'effectuer un test réel sur un *transceiver* mobile bi-bande VHF et UHF. Ici, le *transceiver* sous test est un Kenwood TM-V7.

Dans un premier temps, on relève le MDS (*Minimum Discernable Signal*), c'est-à-dire la sensibilité de la partie réceptrice du *transceiver* sous test lorsque celui-ci est alimenté sous une tension de 13,8 V à partir d'une alimentation de labo sans utiliser le *booster* de tension.

Dans un deuxième temps, on effectue le même test mais avec le *booster* de tension alimenté sous une tension d'entrée de 12 V et le *transceiver* étant alimenté par la sortie 13,8 V du *booster*.

Dans un troisième temps, on effectue encore le même test avec le *booster* de tension, mais cette fois, on le dépose à même sur le capot du *transceiver* mobile pour voir si le rayonnement électromagnétique direct affecte la sensibilité du récepteur.

Pendant tous ces tests, la charge active est placée en parallèle sur la sortie du *booster* de façon à consommer un courant qui est la somme de celui du *transceiver* lorsque celui-ci est en réception et d'un courant de 15 A dans la charge active pour placer le *booster* dans ses conditions les plus défavorables au point de vue des signaux parasites et au point de vue de l'intensité du rayonnement électromagnétique.

Rappel sur la procédure pour relever le MDS (sensibilité) d'un récepteur :

- On injecte un signal HF modulé FM avec un *tone* de 1 kHz et une déviation de 3 kHz à l'entrée HF du récepteur sous test (ici la partie réceptrice du *transceiver* TM-V7) ;
- L'amplitude du signal HF modulé FM est réglée à un niveau d'amplitude de (par exemple) -20 dBm au générateur HF
- On insère entre la sortie du générateur HF et l'entrée antenne du récepteur sous test un double atténuateur par pas de 10 dB et par pas de 1 dB ;
- On règle le 1^{er} atténuateur sur 90 dB et le second atténuateur sur 10 dB ;
- On obtient ainsi un niveau HF de -120 dBm à l'entrée antenne du récepteur ;
- Le *squelch* du *transceiver* est désactivé (*full CCW*) ;
- Le volume audio du récepteur est réglé de façon à obtenir un signal de 1 kHz d'une amplitude comprise entre 0,5 V et 1,0 V RMS ; une fois que ce volume est réglé, quelle que soit la valeur de son amplitude, on n'y touche plus ;
- La sortie audio du récepteur est raccordée à un analyseur audio qui dispose d'une fonction SINAD-mètre (rapport signal sur bruit et distorsion) ;
- On règle l'amplitude du signal HF au moyen de l'atténuateur par pas de façon à obtenir un rapport signal sur bruit et distorsion de 12 dB SINAD ;
- En additionnant les dBm à la sortie du générateur et les dB à l'atténuateur, on obtient le niveau en dBm pour 12 dB SINAD à l'entrée antenne du récepteur, ce qui donne le MDS (sensibilité) du récepteur.

Pour information, dans les tests qui suivent, la porteuse HF a été paramétrée à 439,200 MHz dans l'intention de valider le *booster* de tension pour les relais UHF ON0LGE de Retinne en province de Liège.



Fig. 15 : *Setup* de mesure pour le relevé de la sensibilité d'un *transceiver* sous test avec et sans *booster* de tension. À gauche de bas en haut : générateur HF HP 8662A avec modulateur FM interne calibré (voir fonctions de Bessel) ; charge active HP 6050A avec 2 tiroirs de charge HP 60504B (60 V ; 120 A ; Load Max. 600 W) ; Alimentation de labo HP 6552A (0-20 V ; 0-25 A) ; Analyseur audio avec fonction SINAD-mètre HP 8903A ; *booster* de tension. À droite de bas en haut : analyseur de réseau vectoriel pour des travaux de réglage de filtres et de duplexeurs pour des répéteurs radioamateurs ; atténuateur par pas de 10 dB HP 8496B ; atténuateur par pas de 1 dB HP 8494B ; multimètre Fluke 28. En haut à droite, le *transceiver* sous test Kenwood TM-V7. Photo : ON4IJ.

Voici ce que donnent les mesures du MDS sans *booster* de tension :

- Sensibilité de -121 dBm pour 12 dB SINAD.

Normalement, on doit obtenir une meilleure sensibilité (-123 dBm) mais ici, on n'a pas tenu compte des pertes de 1 dB à 440 MHz dans le câble BNC-BNC entre le générateur et l'atténuateur par pas, ni celles (1 dB) dans le câble BNC-BNC entre l'atténuateur par pas et le *transceiver*.

Voici ce que donnent les mesures avec le *booster* de tension :

- Sans courant de charge : -121 dBm ;
- Avec courant de charge de 2 A : -121 dBm ;
- Avec courant de charge de 15 A : -121 dBm ;
- Avec courant de charge de 15 A et le *booster* posé à même sur la capot du *transceiver* : -121 dBm.

Il n'y a donc aucune influence du *booster* sur la sensibilité du *transceiver* sur la bande UHF. Cela convient donc pour l'application des répéteurs 70 cm ON0LGE.

Comportement du *booster* de tension lors d'un saut brusque de courant :

Lors du passage de la réception à l'émission d'un *transceiver*, le courant consommé subit un échelon de courant. En automation ou dans l'étude des systèmes asservis (systèmes régulés), on doit s'assurer que le système est stable, rapide et précis.

On a déjà constaté que le système de régulation du *booster* est précis lors des tests « *Load Regulation* » et « *Line Regulation* » : sous divers courants consommés, la tension de sortie reste très proche de la tension nominale de 13,8 V et sous diverses tensions d'entrées, la tension de sortie reste aussi très proche de la tension nominale de 13,8 V. Ces tests sont des tests « statiques », c'est-à-dire « en régime établi ».

Pour évaluer la stabilité et la rapidité d'un système régulé, on doit effectuer des tests « dynamiques », c'est-à-dire lorsque l'on fait varier un paramètre. Ce qui caractérise le plus une variation, c'est une fonction échelon, c'est-à-dire un saut brusque d'un paramètre d'une valeur à une autre valeur. Ici, le paramètre le plus utile à faire varier est le courant de consommation à la sortie du *booster* de tension. Cela correspond à la réalité lorsqu'un *transceiver* passe de la réception à l'émission. Cela l'est tout autant pour un répéteur lorsque celui-ci est en veille dans l'attente d'un signal de réception. Lorsque le répéteur reçoit un signal, il active immédiatement sa partie émettrice pour réémettre le signal reçu (d'où l'appellation répéteur ou relais radio).

Dans les tests qui vont suivre, le saut en courant passe de la valeur de 1 A (courant à la réception) à la valeur de 15 A (courant à l'émission). Pour réaliser cet échelon de courant dans la pratique, on utilise une fonction « *Trigger* » (déclencheur) ou « *Transient* » (transition) de la charge active.

La charge active HP 6050A dispose d'une fonction « *Transient* » (transition) que l'on peut activer ou désactiver (*Tran on/off*) et dont on peut paramétrer les éléments suivants :

- Les valeurs d'échelon (*Tran Level*) : valeur nominale de 15 A et transition de la valeur de 1 A à la valeur nominale (15 A) ;
- La fréquence de répétition de transition (*Freq*) ;
- Le rapport cyclique du signal carré pilotant la transition (*Dcycle* ; *Duty Cycle*) ;
- La vitesse de variation de la fonction échelon (*Slew* ; *Slew Rate*), c'est-à-dire la raideur du flanc montant ou descendant du signal carré.

Ici, on a choisi une fréquence de transition de 10 kHz et un rapport cyclique de 50 %. Un saut de courant de 1 A à 15 A représente une amplitude d'échelon (excursion) de : $15\text{ A} - 1\text{ A} = 14\text{ A}$. Par rapport à la valeur nominale de 15 A, une excursion de 14 A représente un taux de variation de $(14\text{ A} / 15\text{ A}) \times 100 = 93\% \approx 90\%$

En ce qui concerne le *Slew Rate*, celui-ci peut être choisi parmi 12 valeurs préprogrammées dans l'appareil. Pour une valeur choisie, le temps de transition est défini entre 10 % et 90 % de l'amplitude de l'échelon (1 A + 1,4 A et 1 A + 12,6 A).

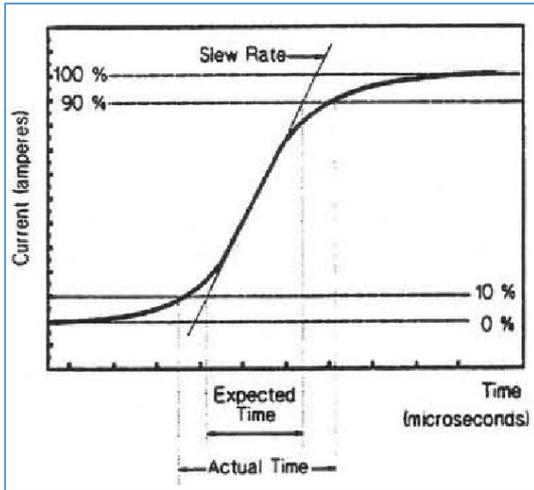


Fig. 16 : Illustration de la limitation de transition du temps de montée ; *Slew Rate* défini entre 10 % et 90 % de l'excursion en courant. Source : Hewlett Packard ; HP Models 6050A and 6051A Multiple Input Electronic Load Mainframes ; Operating Manual ; HP Part No 06050-90001 ; March 1989 ; USA.

Pour les tests, on a choisi un *Slew Rate* assez élevé (*Slew Rate* #10). Le graphique ci-dessous permet d'obtenir le temps minimum de transition pour un taux de variation en courant de 90 % sur la courbe du *Slew Rate* #10. La lecture du graphique donne une valeur de 50 μ s.

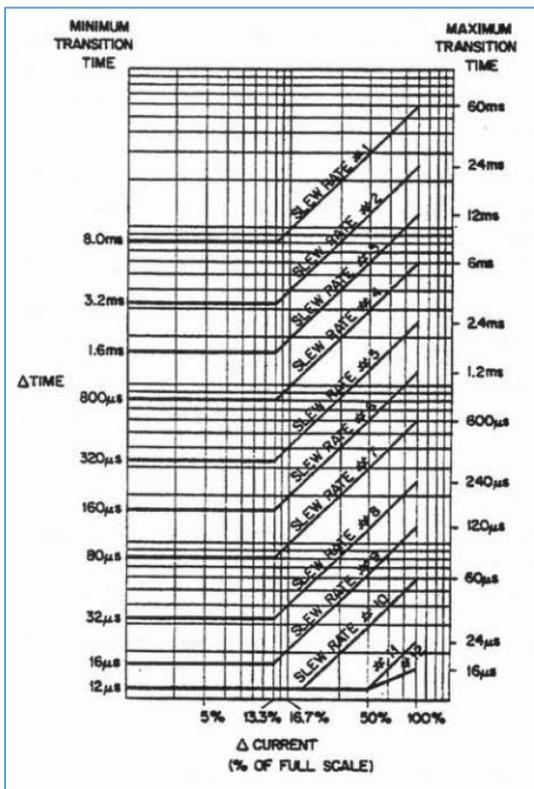


Fig. 17 : Graphique des valeurs des temps de transition pour différentes valeurs de *Slew Rate*. Source : Hewlett Packard ; HP Models 6050A and 6051A Multiple Input Electronic Load Mainframes ; Operating Manual ; HP Part No 06050-90001 ; March 1989 ; USA.

La valeur du *Slew Rate* est calculée par le rapport entre l'excursion en courant et le temps de transition : $14 \text{ A} / 50 \mu\text{s} = 280 \text{ A/ms}$.

Lorsque la fonction « *Transient* » est activée à la charge active et donc lorsque l'on effectue des sauts de courant de 1 A à 15 A, la tension de sortie du *booster* est observée sur un oscilloscope numérique.

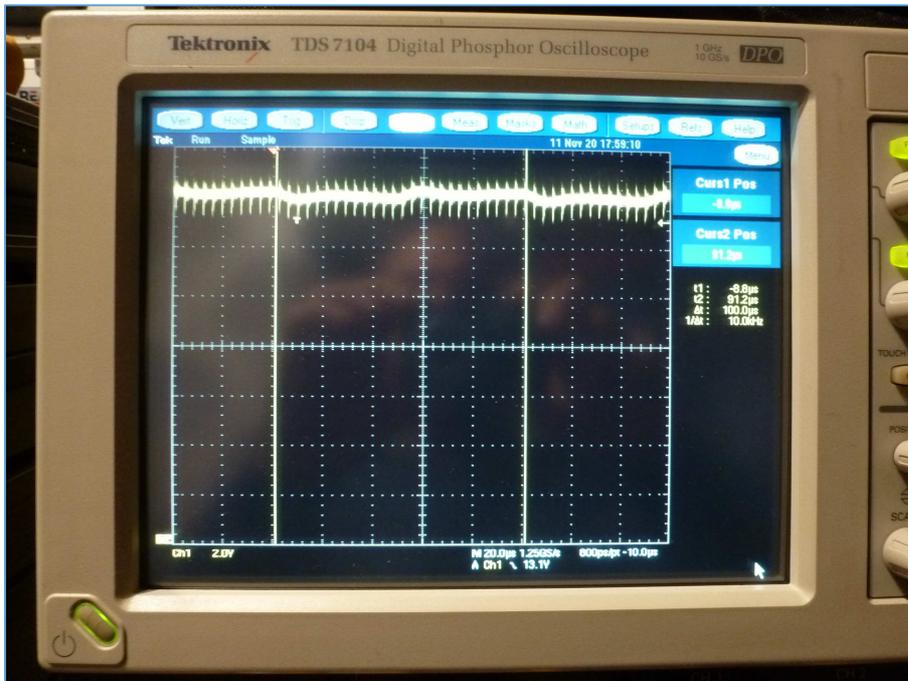


Fig. 18 : Tension de sortie du *booster* lors de sauts de courants avec une fréquence de répétition de 10 kHz comme le montrent les deux barres verticales des deux curseurs de l'oscilloscope (100,0 μs ; 10 kHz). Entrée DC à l'oscilloscope. Photo : ON4IJ.

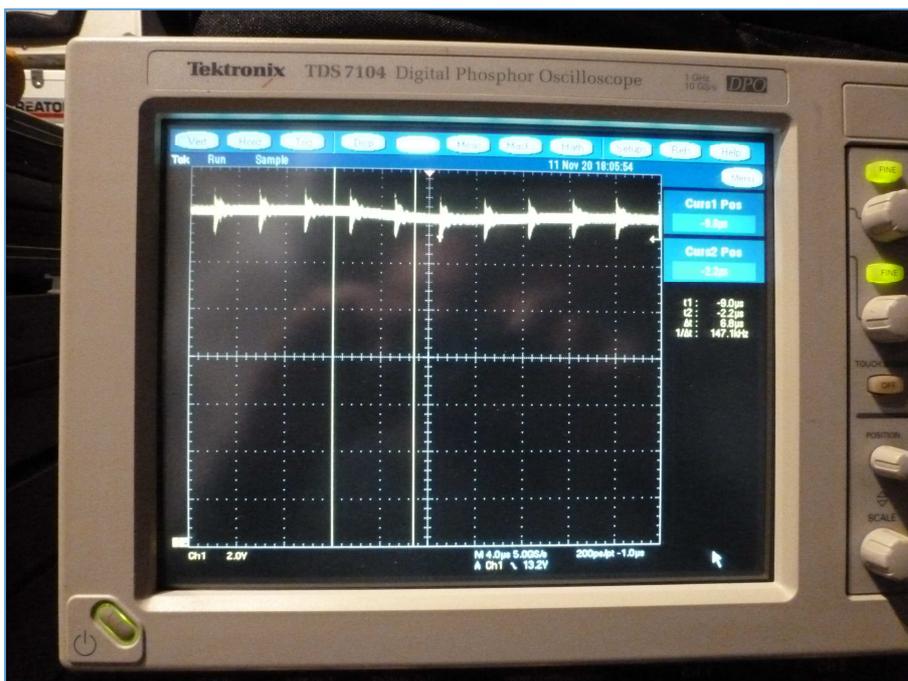


Fig. 19 : La réponse du *booster* à un saut de courant est très stable et le coefficient d'amortissement de la régulation est optimal avec un faible *Overshoot* qui intervient après 6,8 μs . Photo : ON4IJ.

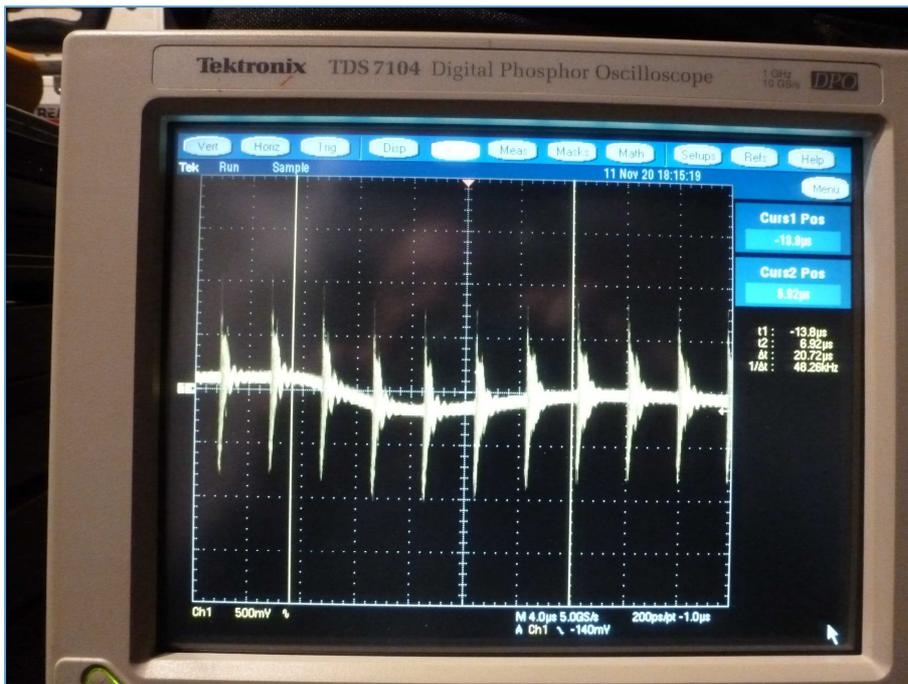


Fig. 20 : La régulation du *booster* est rapide ; le temps de recouvrement de tension est de 20,72 μ s.
Photo : ON4IJ.

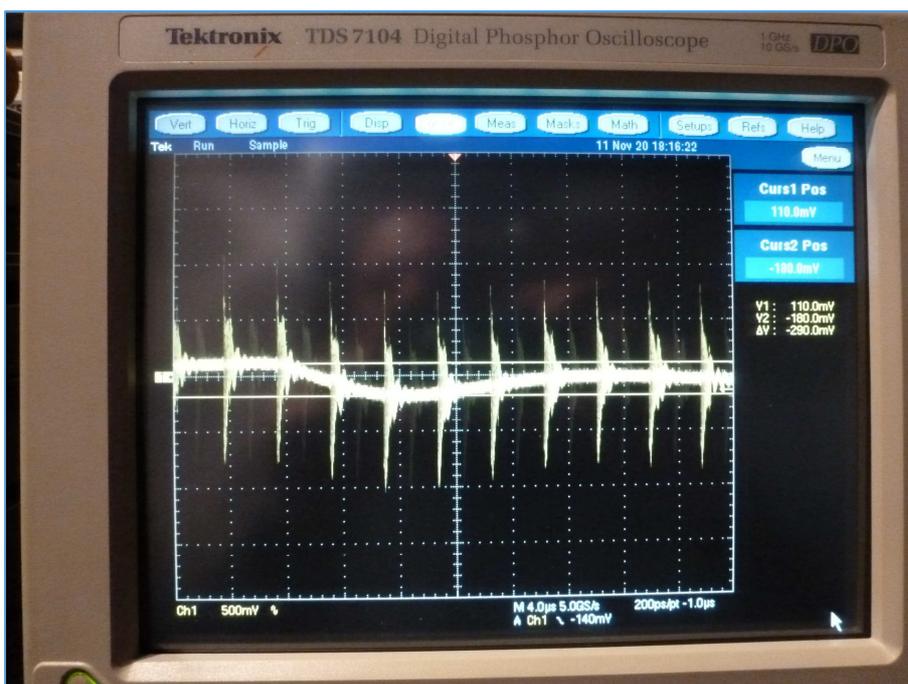


Fig. 21 : La valeur du pic de l'*Overshoot* est de 290 mV. Photo : ON4IJ.

Conclusions :

Il est judicieux d'alimenter un *transceiver* mobile ou un répéteur radio par l'intermédiaire d'un *booster* de tension lorsque l'on utilise une batterie 12 V qui est en décharge sans être rechargée par l'alternateur d'une voiture qui est à l'arrêt ou dans le cas d'un répéteur radio dont l'alimentation est secourue par une batterie 12 V. En effet, cela permet de bénéficier de la pleine puissance du PA de la partie émettrice comme le constructeur l'a prévu sous une tension nominale de 13,8 V.

Il y a lieu d'effectuer quelques mesures sur un *booster* de tension avant de le valider pour une application avec du matériel de télécommunication par radio. Les signaux parasites à la sortie du booster ne doivent pas perturber la sensibilité de réception du *transceiver* ou du répéteur radio dans la bande de fréquence utilisée.

Enfin, un *booster* de tension étant constitué d'un système régulé, celui-ci doit être stable, rapide et précis.

Cet article a été rédigé suite à la validation d'un *booster* de tension pour une alimentation secourue des relais UHF ON0LGE à Retinne en province de Liège.