

DÉCLENCHEMENT PARALLÈLE OU EXTÉRIEUR D'UN TUBE FLASH À HAUTE PRESSION POUR UN LASER À SOLIDE

Abdelkader NOUKAZ, Djelloul LOUHIBI et Ramdane BEGGAR

Centre de Développement des Technologies Avancées CDTA,

B.P. 17, Cité du 20 Août 1956, Baba Hassen, Alger

E-mail : anoukaz@cdta.dz

RÉSUMÉ : L'amorçage d'un tube flash par un circuit de type série, présente un certain nombre d'inconvénients et de limitations technologiques. Ces inconvénients sont d'autant plus importants que son seuil d'amorçage est élevé. C'est le cas par exemple d'un flash à haute pression.

La solution est l'envoi d'une impulsion d'amorçage en parallèle ou à partir d'une électrode auxiliaire externe au flash (le réflecteur lui-même nous facilite l'élaboration du transformateur de déclenchement car, dans ce cas, le circuit d'amorçage est indépendant du circuit de mise en forme de l'impulsion de la décharge principale.) Notre circuit est capable de délivrer une impulsion de plus de 30 kV avec une durée de quelques dizaines de microsecondes. Ces ordres de grandeur sont nécessaires à l'amorçage d'un tube flash à haute pression. La conception de notre circuit est basée sur le principe d'un Flyback.

MOTS-CLÉS : pompage optique, laser à solide, circuits d'amorçage, tube flash

1. Introduction

Le principe adopté pour le déclenchement d'un tube flash consiste à lui appliqué une impulsion haute tension pour ioniser le gaz qu'il renferme, en créant un arc électrique entre ces deux électrodes produisant ainsi l'éclat lumineux. Cette impulsion est fournie par le transformateur de déclenchement (trigger), commandé par un dispositif de commutation.

Dans ce travail nous allons présenter les différents modes de déclenchement d'un tube flash, avec les avantages et les inconvénients de chacun. Notre étude nous a permis d'opter pour le mode parallèle ou extérieur. Le circuit conçu est basé sur le principe des alimentations à découpage du type Fly-back et permet les deux configurations, parallèle et extérieure [1].

1.1. Le mode série

Dans le mode de déclenchement série, le secondaire du transformateur trigger est en série avec le tube flash. L'inconvénient de ce mode réside dans l'élaboration du transformateur, car son secondaire doit générer d'une part une impulsion haute tension pour amorcer le tube flash et d'autre part, assurer la mise en forme de l'impulsion de la décharge principale [2]. Ce type de transformateur de déclenchement est en conséquence plus grand, plus lourd et plus cher

1.2. Le mode parallèle

Dans ce mode le circuit de déclenchement est en parallèle avec le tube flash, ce mode est très fiable, et facile à concevoir car les composants de son circuit sont totalement indépendants des composants du circuit de la décharge principale. Le circuit de la décharge principale et le circuit simmer doivent être protégé par des composants.

1.3. Le mode extérieur

L'impulsion de tension de déclenchement est appliquée à l'électrode anode du tube flash, soit à l'aide d'un fil de nickel enroulé autour de sa surface externe, ou bien appliquée directement au réflecteur. Le circuit de la décharge principale et le circuit Simmer ne nécessitent pas des composants de protection.

2. Fonctionnement du système de déclenchement

Le circuit de déclenchement est représenté par la figure 1.

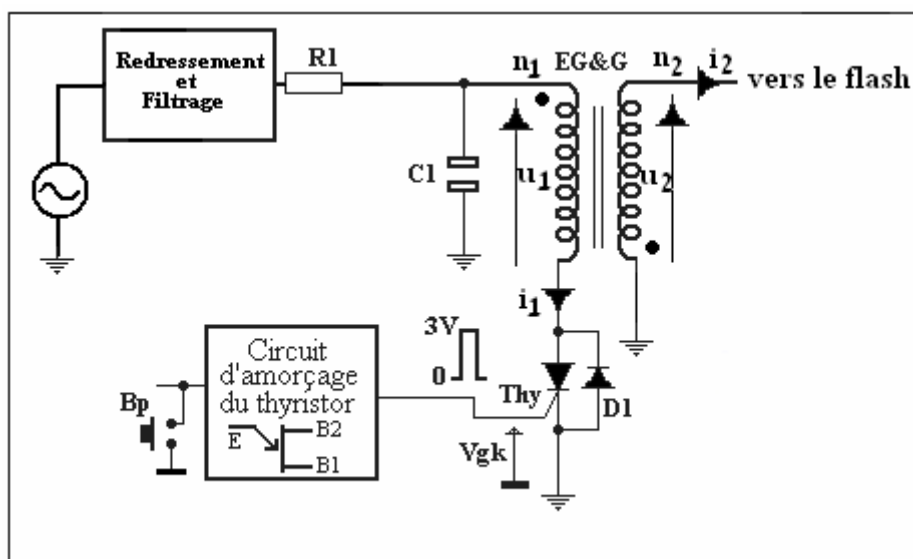


Figure 1 : Circuit de déclenchement du Tube Flash

Ce système comporte un transformateur d'impulsion de type EG&G, un circuit de commutation et un condensateur de stockage.

Le condensateur de stockage est chargé à une tension de 500V DC fournie par le réseau après redressement et filtrage.

Le circuit de commande du commutateur permet la décharge du condensateur de stockage à travers le primaire du transformateur d'impulsion en amorçant ce dernier.

Cette décharge va créer une impulsion haute tension au secondaire pour l'amorçage du tube flash.

3. Transformateur élévateur d'impulsion

Le transformateur utilisé est de type EG&G avec les paramètres suivants :

$$L_p = 0.013mH, L_s = 55.74mH, R_p = 1\Omega, R_s = 1.99K\Omega$$

4. Circuit de commutation

4.1. Choix du commutateur

Des calculs ont été effectués pour le choix du commutateur à utiliser, celui-ci doit avoir des paramètres répondant aux exigences de l'énergie à commuter (courant, tension et temps de commutation).

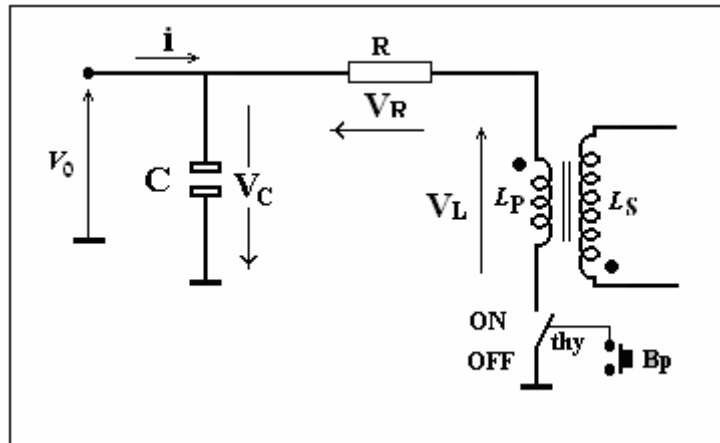


Figure 2 : Circuit d'une décharge RLC

Pour le circuit de la figure 2, le courant instantané est donné par [3] :

$$i(t) = (V_0 / L_P) t \exp(at) \quad (1)$$

Avec:

$$a = -R_P / 2L_P \quad (2)$$

R_P représente la résistance interne de la bobine primaire.

Pour les valeurs suivantes :

$$L_P = 0.013 \text{ mH} , \quad V_0 = 500 \text{ V} , \quad R_P = 1 \Omega$$

Le logiciel Matlab a donné la courbe du courant, représentée par la figure 3.

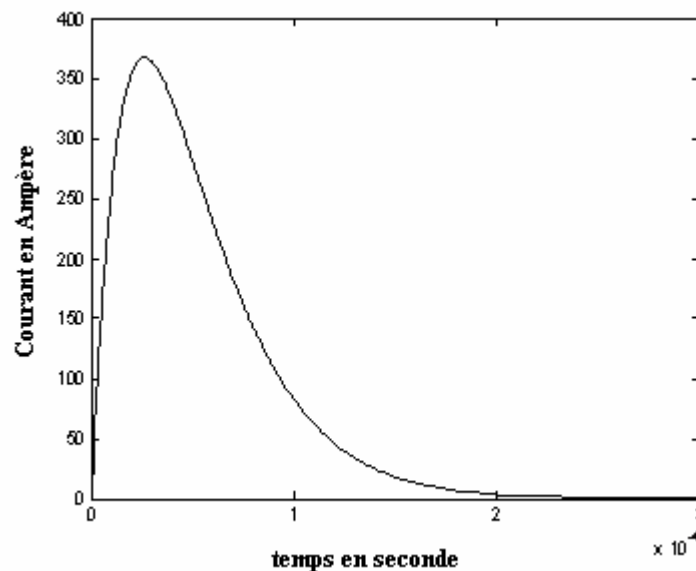


Figure 3 : Forme du courant à travers le circuit

On se basant sur les résultats obtenus nous avons pu faire le choix du commutateur à utilisé. Nous avons opté pour l'utilisation d'un thyristor (BTW481200) avec les paramètres suivants :

Tableau 1 : Caractéristiques électrique du thyristor BTW481200

Symbole	Paramètre	Valeur
VDRM	Tension de crête directe et inverse	1200V
IT	Courant max	500A
IH	Courant de maintien	30mA
IGT	Courant maximal de déclenchement de la gâchette	60mA
VGT	Tension maximale de déclenchement de la gâchette	3V

4.2. Circuit de commande du thyristor

Pour l’amorçage du thyristor il faut lui appliquer à sa gâchette une impulsion de 3V d’amplitude avec une durée supérieur à 40 μ s et un courant de 60 mA. Son désamorçage ne se produit que si sa tension anode-cathode retombe à 0V, ce qui redonne à la gâchette son pouvoir de commande. Dans ce cas le dispositif de commande sera un générateur d’impulsion commandé par un bouton poussoir (K) figure 4.

Nous avons utilisé un transistor à UJT, dans le circuit d’amorçage du thyristor [4].

Nous donnons sur la figure 4 le circuit simulé par le logiciel Pspice et sur la figure 5 les résultats obtenus.

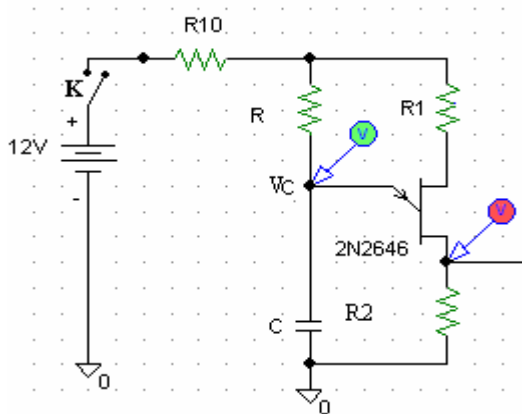


Figure 4 : Circuit à UJT (Pspice)

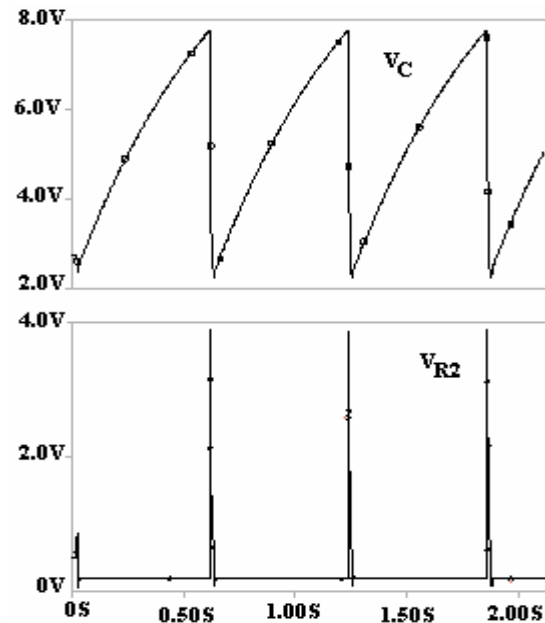


Figure 5. Tensions aux bornes de C et de R2

Nous pouvons noter que la durée de l’impulsion peut aisément être ajustée en variant les valeurs des deux composants R et C Figure 4. Nous pouvons remplacer la résistance R par la jonction (émetteur-collecteur) d’un transistor dont la conductance sera ajustée en contrôlant son courant de base.

Pour des raisons de protection, un circuit d’isolation galvanique a été intercalé entre le circuit d’amorçage (basse tension) et la gâchette du Thyristor (haute tension). La figure 6 représente ce circuit d’isolation.

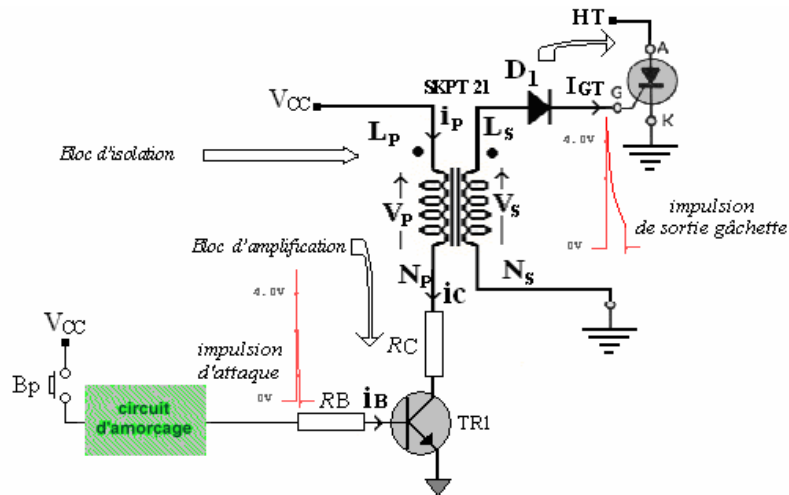


Figure 6 : Circuit d'isolation galvanique

Le courant délivré par le circuit d'amorçage qui est de 10mA est insuffisant pour l'amorçage du thyristor qui nécessite un courant de plus de 60mA. Pour cette raison nous avons utilisé un circuit amplificateur de courant à base d'un transistor. Les valeurs des résistances R_B et R_C commandent le courant dans le primaire du transformateur d'isolation qui induit le courant dans le secondaire.

5. Résultat expérimental

Sur la figure 7, nous donnons l'oscillogramme de l'impulsion d'amorçage du tube flash. L'amplitude de cette impulsion est de 26 kV, avec une durée de 100 μ s.

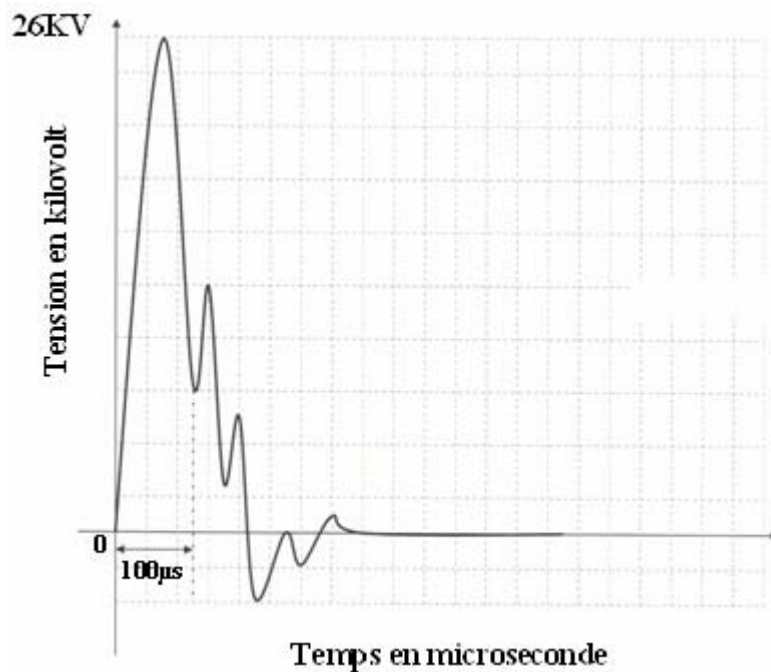


Figure7 : Impulsion d'amorçage du tube flash.

6. Configuration en mode parallèle

Le mode parallèle nécessite des composants de protection entre les trois circuits de l'alimentation du flash : le circuit de déclenchement, le circuit de maintien (simmer) et le circuit de la décharge principale.

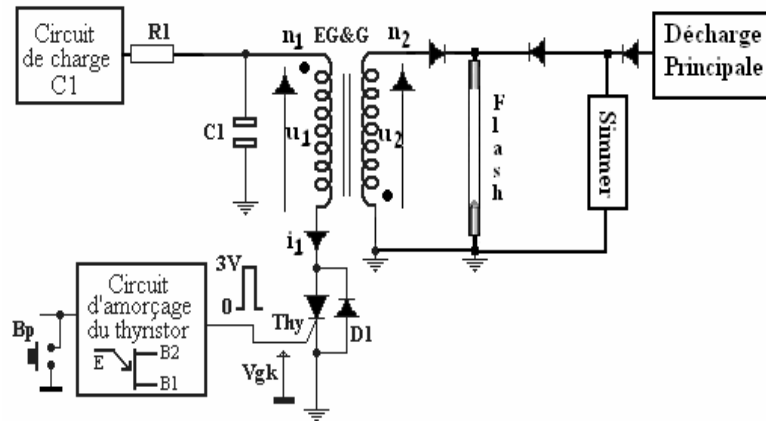


Figure 8 : Configuration parallèle

7. Configuration extérieur

7.1. Configuration (a)

Un fil fin en nickel est enroulé autour de la surface externe de tube flash comme le présente la figure 9. Le fil doit être en contact avec l'une des électrodes (anode). Le secondaire du transformateur de déclenchement est connecté à une extrémité de ce fil.

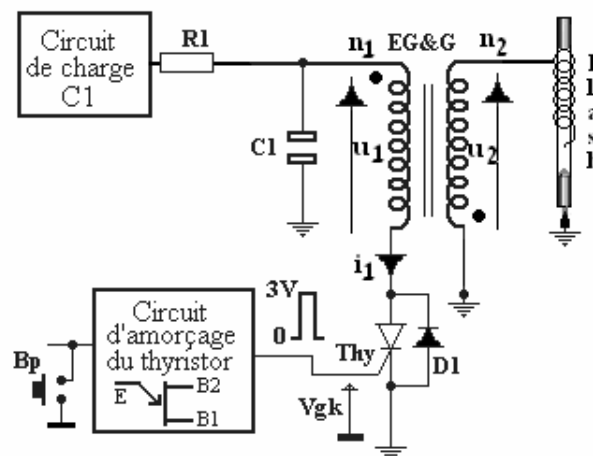


Figure 9 : Configuration extérieur (a)

7.2 Configuration (b)

L'impulsion de déclenchement peut être appliquée à une barre conductrice ou à un réflecteur conducteur figure 10. Dans ces cas, le composant conducteur doit être le plus proche possible du tube flash.

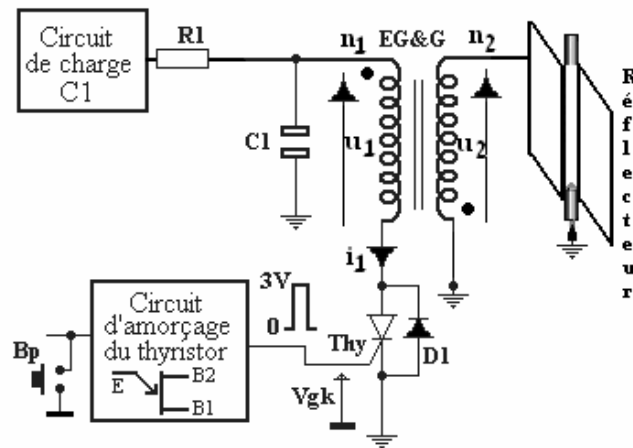


Figure 10 : Configuration extérieur (b)

Conclusion

La tension de déclenchement nécessaire pour amorcer de façon fiable un tube flash dépend de ses paramètres tels que sa longueur d'arc, le diamètre interne de son enveloppe, sa pression de remplissage et la matière de ses électrodes. Ces paramètres sont donnés par le constructeur. Nous avons réussi à obtenir une impulsion à la sortie du transformateur de déclenchement qui vérifie les conditions nécessaires au déclenchement du tube flash. L'amorçage du tube flash a été vérifié et répond à chaque déclenchement. Chose qu'on a pu voir au niveau du laboratoire, le circuit produit une décharge inter électrodes très visible. Nous avons utilisé les outils software de simulation : pspice et simulink de matlab. Pour le calcul des composants optimaux du circuit.

Références

- [1] Alex D.Mcleod; EGG-PerkinElmer. E-mail: electro-optique@polytec-pi.fr
- [2] A. Noukaz; D. Louhibi; R.Beggar. et R. Bouadjmine: «*Power Supply for Nd:YAG Laser* » Communication orale, International Conference of Laser Applications, (ICLA 2009), 17-21 May 2009, Cairo, Egypt.
- [3] R. Beggar; D. Louhibi; F. Almabouada. et A.Noukaz: «*The Main Discharge Switching Circuit for Flash Pumped Solid-State Lasers*», communication poster , First International Conference on Laser and Plasma Applications in Materials Science (LAPAMS'08),23-26 June-2008, Algiers, Algeria.
- [4] J. AUVRAY ; Systèmes électroniques; Université Pierre et Marie Curie IST SETI, 2000-2001