

ETUDE D'UNE ALIMENTATION
PULSEE ET REGULEE EN COURANT

1. GENERALITES

Pour obtenir une impulsion de courant dans un électro-aimant on peut, soit :

- décharger un condensateur dans l'aimant, ce qui donne une impulsion sinusoïdale,
- décharger plusieurs condensateurs ensemble ou l'un après l'autre, ce qui peut donner une impulsion plus ou moins plate.

Dans tous les cas la valeur du courant et la linéarité du palier du courant dépend :

- 1) De la tension instantanée aux bornes du condensateur au moment de la décharge,
- 2) Des variations inévitables de résistance des câbles et de la charge,
- 3) De la saturation plus ou moins importante des circuits magnétiques (charge ou selfs du pulseur),
- 4) La forme du palier de courant dépend aussi de la valeur de celui-ci, pour les raisons précédemment indiquées.

Ceci nous a poussé à étudier un "pulseur" régulé en courant.

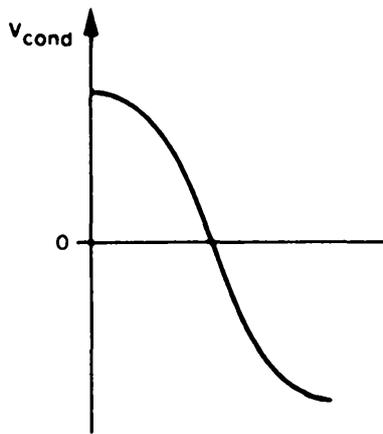
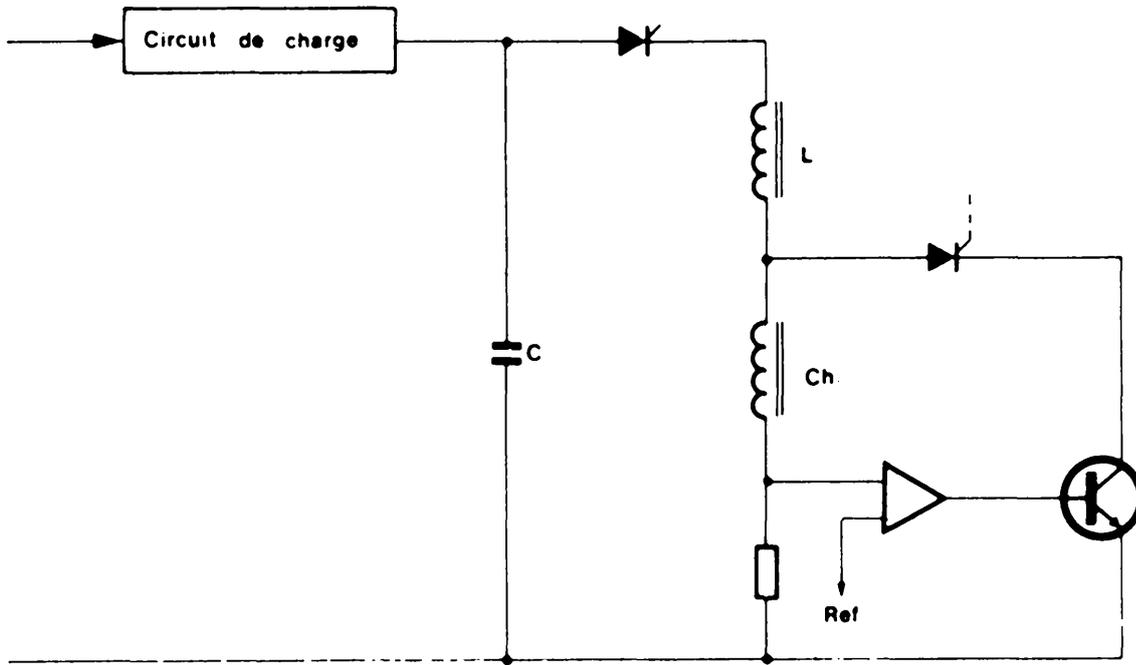
2. PRINCIPE DU PULSEUR

Un condensateur chargé par un circuit simple se décharge à l'aide d'un thyristor dans un circuit formé par une self en série avec la charge.

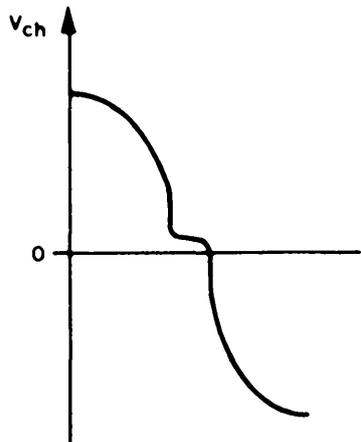
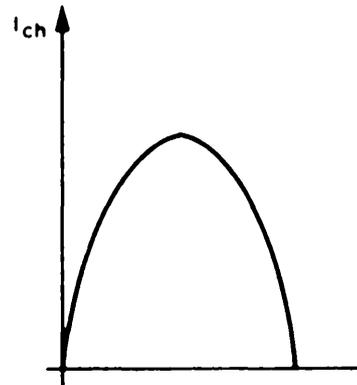
Un shunt actif est placé en parallèle sur la charge et dévie une partie du courant total lorsque le courant dans la charge a atteint sa valeur de consigne.

Le courant dans la charge est ainsi maintenu constant, avec la précision de la boucle de régulation, quelque soient les variations de résistance de self, de capacité de tension de charge du condensateur.

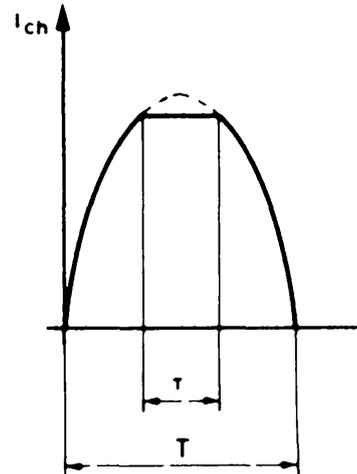
Schéma No. 1



Sans régulation



Avec régulation



3. PRECISION

Deux facteurs influent sur la précision de ces alimentations :

- 1) la précision de la boucle de régulation en courant;
- 2) la précision de la charge du condensateur. On comprend aisément que les instabilités de la tension du condensateur sont en grande partie compensées par la boucle de courant, mais en partie seulement car le gain de la boucle en courant ne peut être infini.

Pour obtenir une grande stabilité du courant il faudra donc réguler la tension du condensateur. Nous réalisons ainsi une préréglage et cette préréglage devient nécessaire lorsque la stabilité du courant doit être voisine ou meilleure que 10^{-3} .

4. REALISATION DE LA CHARGE DU CONDENSATEUR

a) La figure No. 2 montre un dispositif de charge simple formé d'un transformateur élévateur, coupé au primaire par un triac, et dont le secondaire débite à travers un pont redresseur et une self dans la capacité à charger. Ce transformateur est choisi ayant une caractéristique tension courant "tombante" pour limiter le courant au début de la charge.

Un amplificateur opérationnel compare la tension du condensateur avec la tension de commande et coupe le circuit de charge lorsque l'égalité de ces tensions est atteinte.

Un tel dispositif permet d'obtenir une précision voisine de 1%, de la tension du condensateur dans les conditions de notre montage.

b) La figure No. 3 montre un système plus performant utilisant un convertisseur continu/continu travaillant de façon symétrique et en variation de largeur d'impulsion.

Le convertisseur est alimenté sous 60 V= et travaille à 20 kHz pour réduire le transformateur, et pour rendre le système silencieux.

La tension de charge est ici proportionnelle à la largeur des impulsions. L'ondulation de la tension aux bornes du condensateur est donc égale à la décharge de ce dernier entre deux impulsions de charge c'est-à-dire en 25µs. Le condensateur se déchargeant principalement dans la résistance de mesure de $1M\Omega$ on voit que cette ondulation est absolument négligeable.

La fréquence élevée de l'onduleur permet d'obtenir une bande passante importante dans la boucle de régulation en tension (environ 1000 Hz).

Schéma No. 2

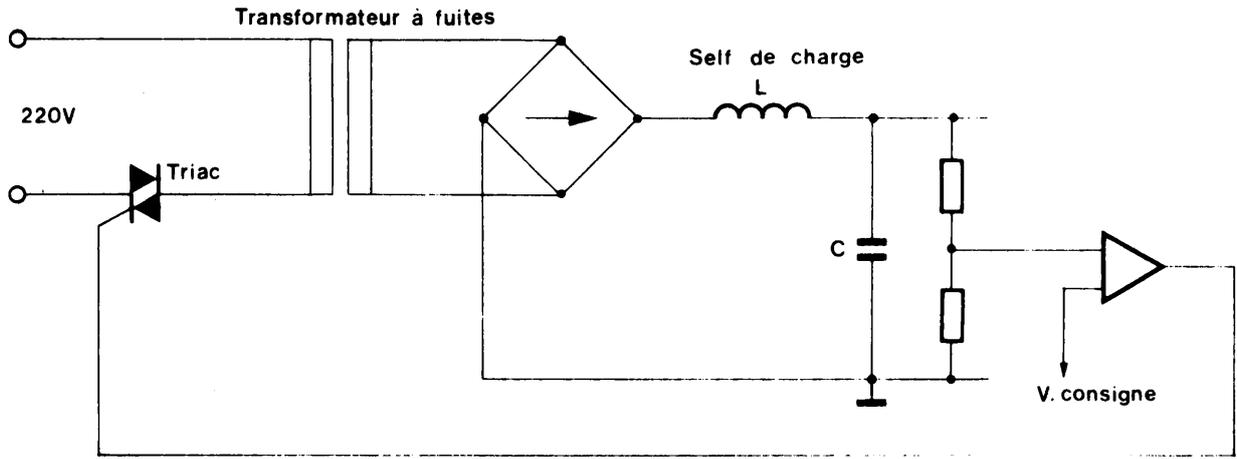
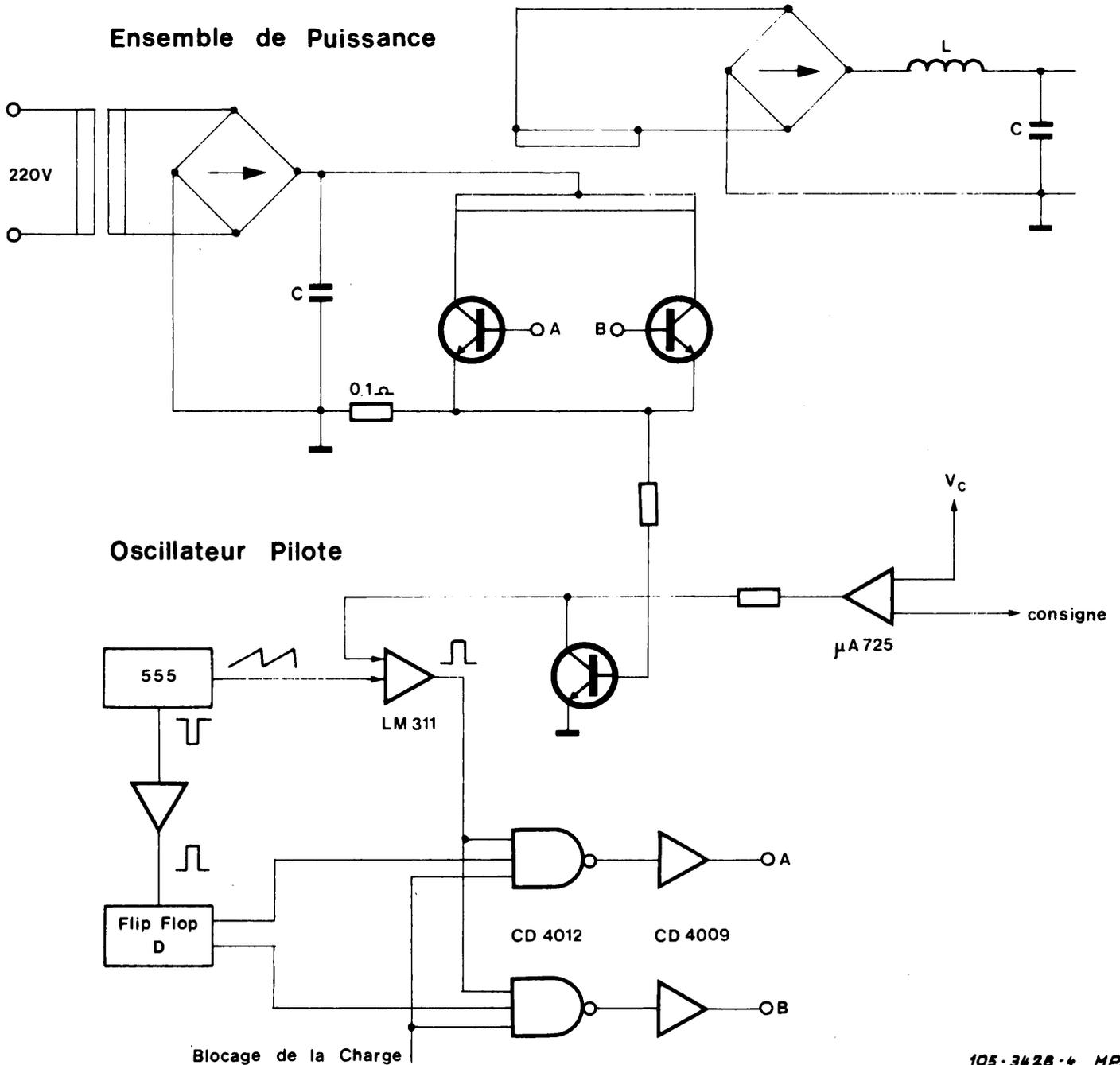


Schéma No. 3



Un amplificateur intégré simple permet d'obtenir sans grand problème une stabilité de 10^{-3} .

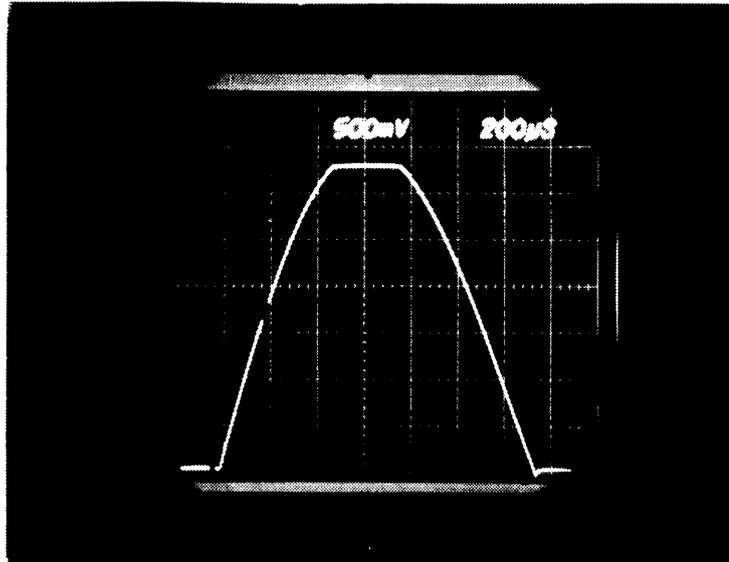
5. REALISATION DU SYSTEME DE REGULATION EN COURANT

Ce shunt actif est formé d'un amplificateur de courant placé en parallèle sur la charge (ensemble de transistors ou tubes de puissance selon les tensions et les courants de fonctionnement) et d'un amplificateur rapide et à grand gain qui compare la valeur du courant dans la charge avec la valeur de consigne.

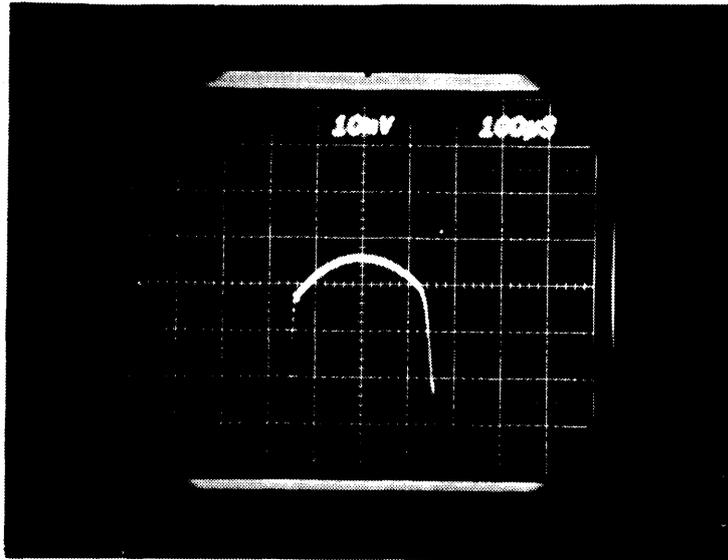
La réalisation de cette boucle de régulation en courant est assez délicate en raison de la bande passante élevée nécessaire et du gain de cette boucle, une étude sérieuse des critères de stabilité s'impose.

Le prototype réalisé, utilisant un comparateur intégré type $\mu A715$ avec un gain en boucle fermée de 100 donne un palier de courant de 200 μs avec une ondulation de 10^{-3} et une stabilité de 10^{-4} . (Voir plus loin les caractéristiques du prototype.)

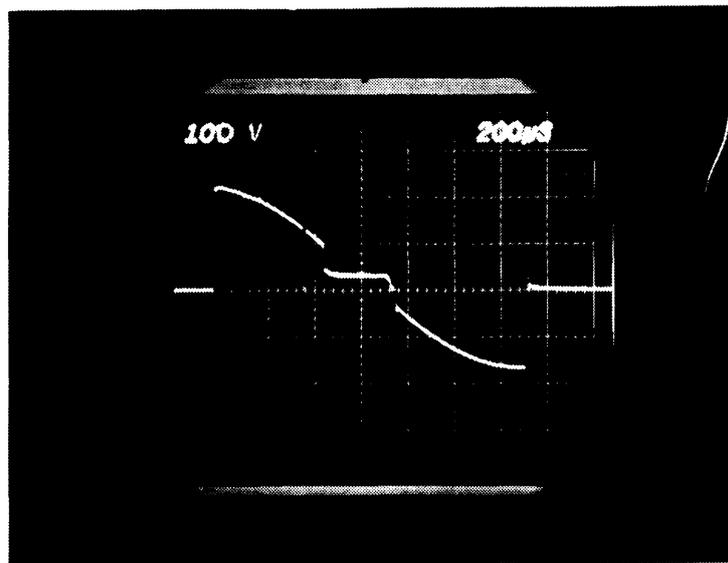
6. RESULTATS EXPERIMENTAUX



Courant dans la charge 165A (3,3 V)



Palier du courant agrandi. Ondulation: $\pm 2\text{mV}$ sur 3,3 V



Forme de la tension aux bornes de la charge

7. DONNEES TECHNIQUES DU PROTOTYPE

- a) La charge : (electro-aimant)
 - Résistance 0.3 Ω
 - Inductance 0.3 à 0.4 mH
- b) Le courant demandé
 - 0 à 300 A pendant 200 μ s
- c) Dissipation maximum : 10 w
- d) Fréquence des impulsions : 2 Hz

Caractéristiques du pulseur

- a) Alimentation 220 V
- b) Tension maximum de charge du condensateur 1200 V=
- c) Inductance totale du circuit de décharge : 1mH
- d) Valeur choisie du condensateur : 150 μ F
- e) Stabilité obtenue pour le courant:
 - sans prérégulation : $\pm 2.10^{-3}$
 - avec prérégulation : $\pm 1.10^{-4}$
- f) Ondulation pendant 200 μ s $\pm 4.10^{-4}$

8. CONCLUSIONS

Outre les avantages déjà énumérés, les essais du prototype ont montré que l'on pouvait obtenir un rapport : longueur du palier sur longueur totale de l'impulsion assez grande,

$$\frac{\tau}{T} \approx \frac{1}{4}$$

donc une économie en condensateur, une économie d'énergie et surtout une puissance plus faible dissipée dans la charge.

On peut aussi remarquer que le courant dérivé par le shunt actif est faible (environ 1/10 ou 1/20 du courant total) que la tension aux bornes du shunt est faible pendant son temps de conduction, donc que la puissance dissipée est faible.

Ce circuit s'applique bien aux pulseurs à basse et moyenne tension, lorsque la tension V_c dépasse la tension admissible aux bornes du shunt, ce dernier peut être isolé du circuit principal par un thyristor, lequel sera rendu conducteur dès que le courant de la charge aura atteint sa valeur de consigne.

Le pulseur régulé en courant doit permettre l'utilisation d'aimants pulsés, là où les aimants à courant continu semblaient indispensables pour des raisons de stabilité.

M. BOURGEOIS

Distribution

Personnel Scientifique LINAC