

MPS/LIN/Note 74-30
9.12.1974.

ALIMENTATION 50 kHz PULSEE

M. Bourgeois

Cette alimentation doit fournir à un aimant "Kicker" un courant sinusoïdal de 400 A sous une tension de 1000 V à une fréquence de 50 kHz - soit une puissance crête de 400 kVA.

I. PRINCIPE

Le kicker forme avec un condensateur, un circuit oscillant accordé sur la fréquence de 50 kHz.

Ce circuit a été spécialement étudié pour avoir un coefficient de surtension élevé. Le kicker a été réalisé en cuivre, de bonne section, pour obtenir à 50 kHz une résistance apparente très faible.

Le condensateur de structure coaxiale a été lui aussi réalisé pour avoir la plus faible résistance série et la plus faible inductance série possible.

Le circuit oscillant ainsi obtenu est excité par un amplificateur de puissance transistorisé, suivi d'un transformateur élévateur.

Une tension sinusoïdale est appliquée à l'entrée de cet amplificateur 2 ms avant le passage du faisceau, pendant ce temps l'amplificateur fournit l'énergie nécessaire au circuit oscillant pour atteindre le courant désiré. L'amplitude du courant est ensuite constante dix périodes sont alors utilisées pour balayer le faisceau après quoi la tension d'excitation est coupée.

L'énergie stockée est ensuite dissipée par l'amplificateur de puissance et en partie par les pertes du transformateur et du circuit oscillant lui même.

L'impulsion dure au total 3 ms et peut être répétée plusieurs par seconde.

II. REALISATION

1. Alimentation de puissance. La puissance moyenne fournie est faible car les impulsions ne durent que 2 à 3 ms, par contre l'ondulation de la tension redressée doit être faible pour éviter une modulation du 50 kHz par le réseau. Nous avons

choisi pour ces raisons un transformateur tri-hexaphasé d'une puissance voisine du dixième de la puissance maximum fournie.

Le redressement se fait par un pont à 12 diodes et le filtrage se fait au niveau du transformateur 50 kHz pour réduire l'impédance de la source à 50 kHz.

2. Amplificateur de puissance

Il est réalisé par deux ensembles de 50 transistors NPN et 50 transistors PNP avec "drivers" alimentés sous 40 Volts.

La structure de l'amplificateur est parfaitement symétrique pour assurer la répartition des courants, car à cette fréquence l'influence des inductances de câblage et de l'effet de peau est considérable.

L'amplificateur est attaqué par un transformateur de couplage élévateur, réalisé sur circuit H.F. Ferrite. Ce transformateur assure l'isolation galvanique entre l'alimentation et l'étage pilote situé dans la salle de contrôle, ainsi que l'adaptation des niveaux.

Le refroidissement des transistors est naturel car la puissance efficace dissipée est très faible (travail en impulsions).

3. Le transformateur 50 kHz

C'est le composant le plus délicat à réaliser compte-tenu de la puissance importante, de la fréquence et du rapport élévateur qui est de 50. Le circuit magnétique choisi est un tore en "ultra-perm" sur lequel nous avons réparti un enroulement secondaire de 50 spires.

Le primaire est formé par une seule spire ayant une structure coaxiale pour réduire l'inductance série et assurer un couplage optimum.

La liaison amplificateur de puissance transformateur, comprenant les condensateurs de liaison, a été elle aussi réalisée en structure coaxiale pour réduire les pertes inductives (Schéma No. 2). A cette fréquence, une inductance de $1 \mu\text{H}$ représente une impédance de $0,3 \text{ Ohm}$. ce qui donnerait une chute de tension de 75 Volts pour le courant maximum primaire. Pour être acceptable l'inductance primaire doit être inférieure à $0,1 \mu\text{H}$! Cet exemple montre la difficulté de réalisation du transformateur et explique la position des condensateurs de liaison et de découplage de la source aux bornes même de la spire primaire.

4. Commande de l'alimentation

Lorsque la commande reçoit une impulsion extérieure, un circuit monostable fournit une tension rectangulaire pendant 2 à 3 ms, c'est à dire le temps nécessaire à la montée en puissance dans la charge. Cette tension rectangulaire libère un oscillateur 50 kHz, astable. La tension fournie par ce multivibrateur est ensuite rendue sinusoïdale par un filtre accordé, puis amplifiée en puissance et réglée en amplitude. (Schéma No. 3).

Le choix de l'oscillateur astable est justifié car il permet une synchronisation précise du 50 kHz avec l'impulsion de départ, ce qui n'est pas possible avec un oscillateur sinusoïdal classique.

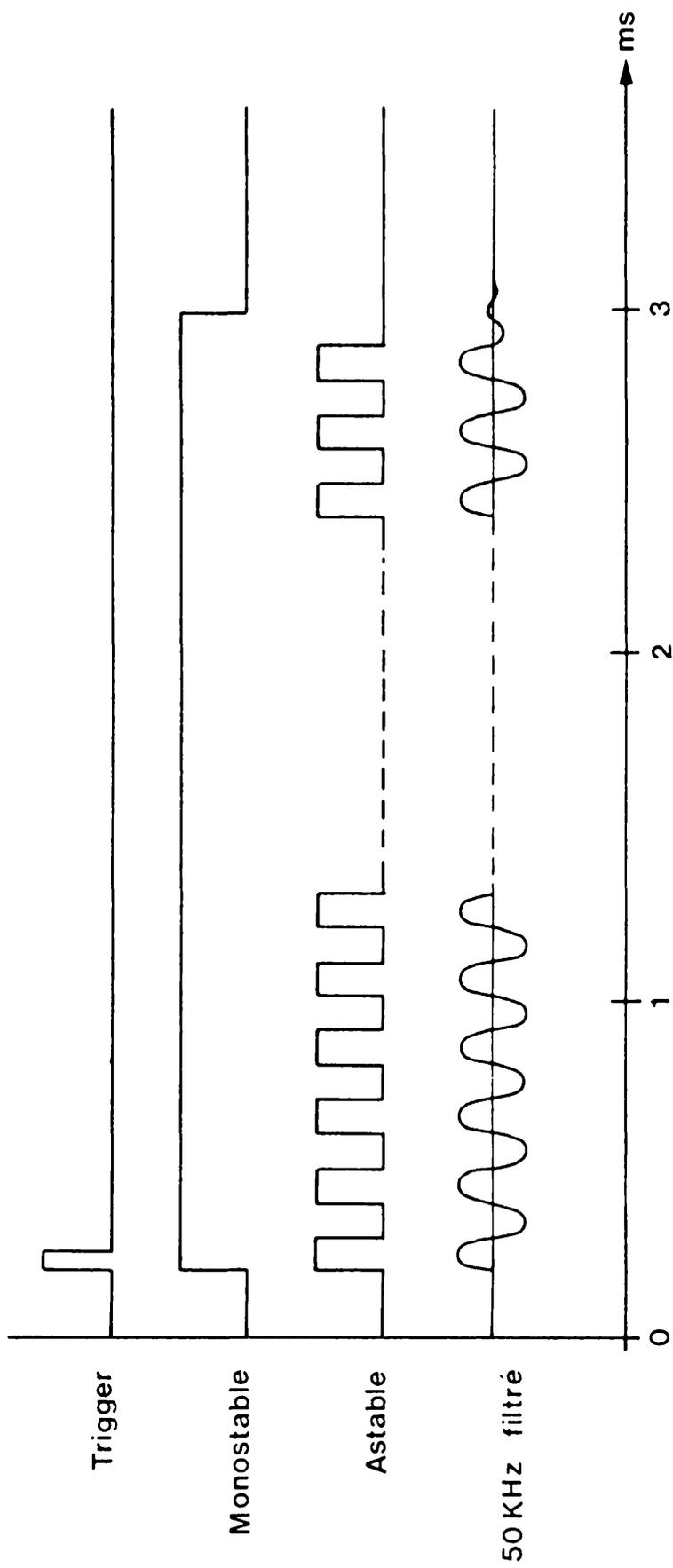
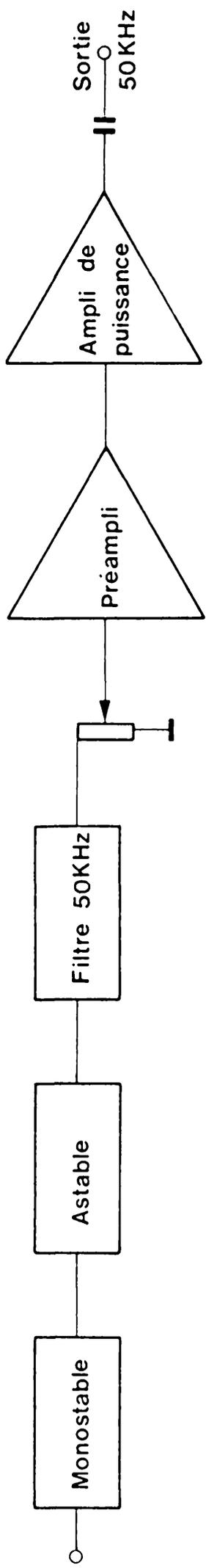


FIG.3: Circuit de commande - Alimentation 50KHz

III. REALISATION DU CONDENSATEUR DE PUISSANCE

Les principales caractéristiques du condensateur sont les suivants

$$C = 1,6 \mu\text{F}$$

$$V_{\text{max}} = 1000 \text{ V}$$

$$I_{\text{max}} = 400 \text{ A}$$

Pour obtenir un coefficient de surtension élevé, donc réduire la puissance de l'alimentation nous avons choisi un montage parallèle de six condensateurs, avec une structure coaxiale.

Les condensateurs choisis sont des condensateurs de puissance utilisés dans les télécommunications, conçus pour travailler à cette fréquence et présentant un minimum de pertes. Leur capacité individuelles est de 0,267 μF .

L'assemblage est fait selon la Figure 4.

Les essais du condensateur ont donné le résultats suivants:

$$\text{Capacité réelle} : 1,598 \mu\text{F}$$

$$\text{Inductance série} : 37 \text{ nH}$$

$$\text{Tg } \delta : 0,019\%$$

M. Bourgeois

Distribution: Linac Design Committee

Oscillogrammes

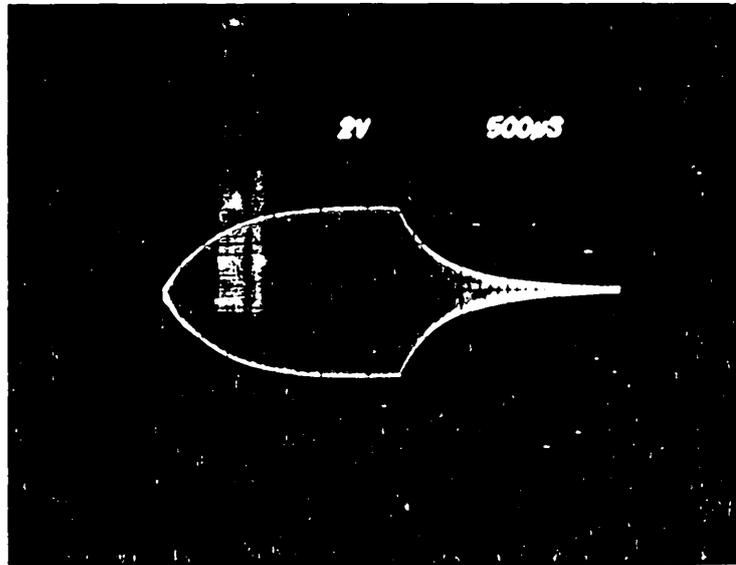


Image du champ H.F. dans le kicker

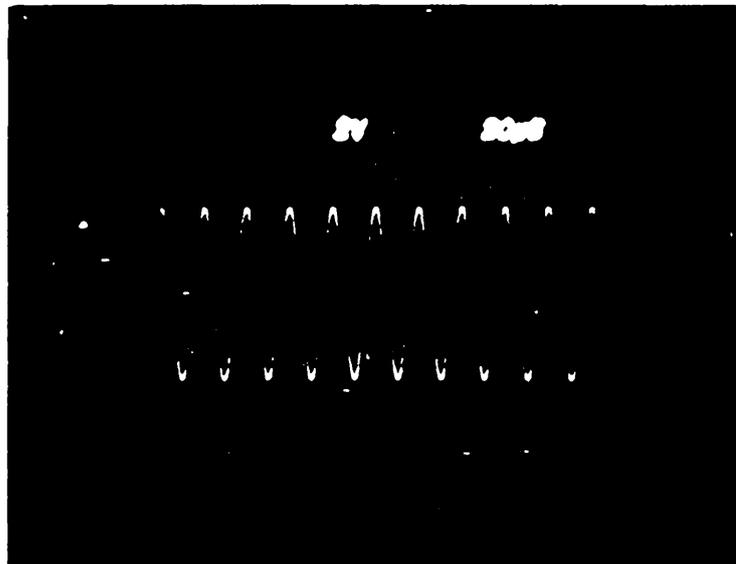


Image de champ après 2 ms.
(Partie utilisable).

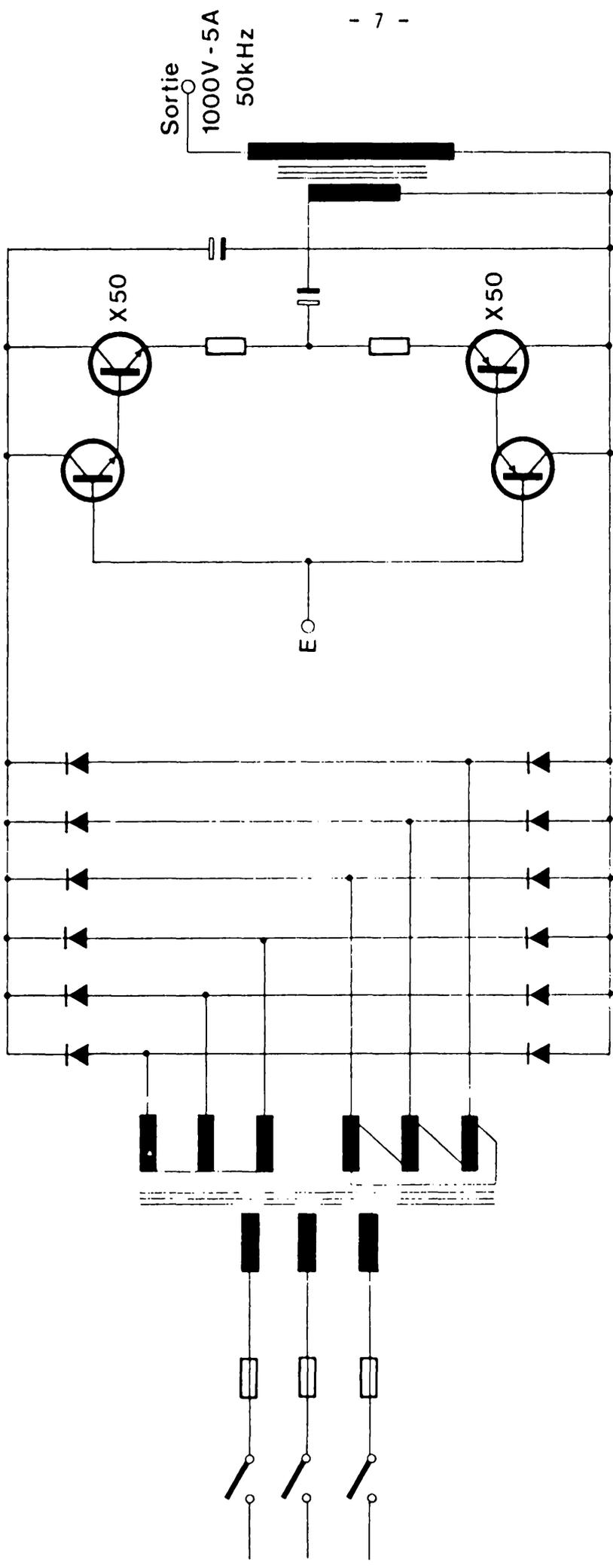


FIG.1: Etage de puissance - Alimentation 50KHz

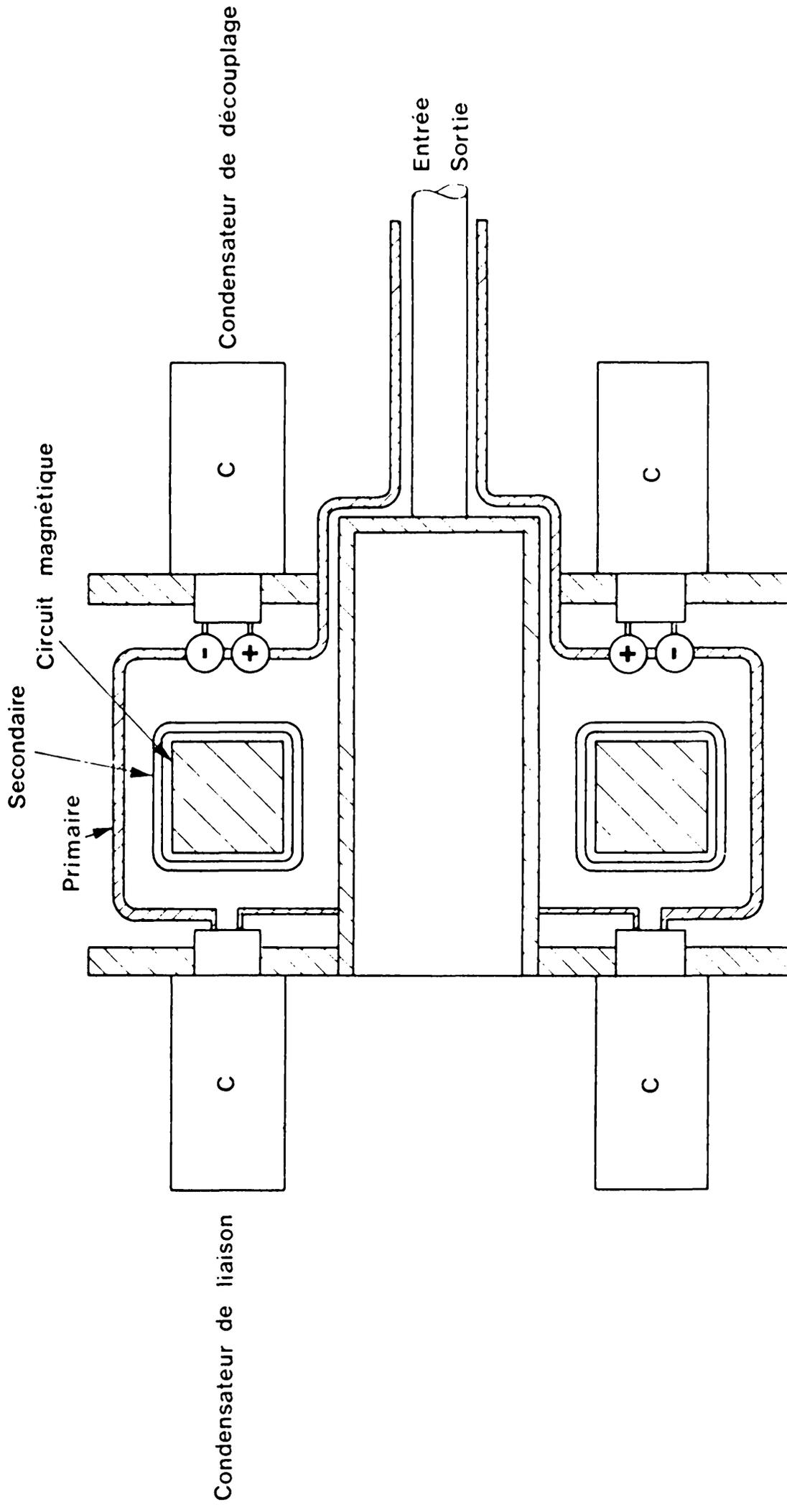


FIG. 2: Transformateur coaxial - Alimentation 50 KHz

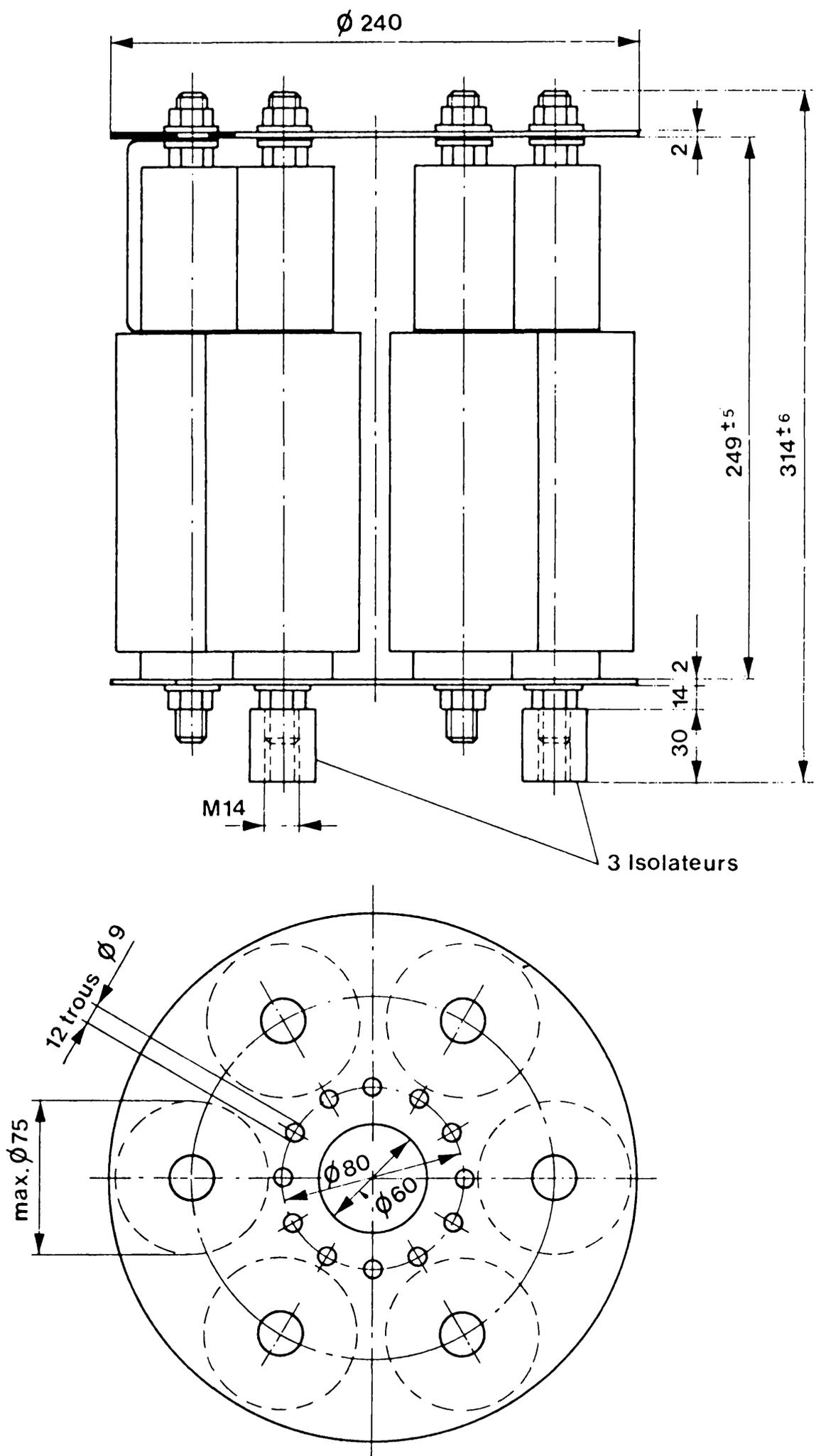


FIG. 4: Condensateur type MFA Isec 3-33-2 50KHz