

LES ALIMENTATIONS DES DIPOLES DE LA LIGNE D'INJECTION
SPECIFICATIONS - CHOIX POSSIBLES

J.P. Royer

TABLE DES MATIERES

	<u>page</u>
1. INTRODUCTION	1
2. SPECIFICATIONS	1
2.1 Les aimants	1
2.2 Déflexion magnétique	2
2.3 Caractéristiques demandées pour les alimentations	2
3. CONCLUSIONS	4
REFERENCES	5

1. INTRODUCTION

En janvier 1976, des modifications concernant les alimentations des dipôles de la ligne d'injection ont été apportées pour permettre la modulation d'intensité¹⁾.

La modulation du courant dans les aimants, d'impulsion à impulsion, a pu être réalisée au prix d'un certain nombre d'inconvénients¹⁾ (principalement limitation du courant dans les aimants).

La décision a donc été prise de reconstruire ces alimentations en vue des applications actuelles et futures du PSB (PPM, *multipulsing*, opération avec le nouveau linac).

Cette note a pour but d'expliquer les choix possibles.

2. SPECIFICATIONS

La ligne d'injection du Booster comprend 16 aimants dipôles utilisés pour le guidage du faisceau sur l'axe de la ligne d'injection :

- 3 aimants (simples) avant le distributeur : I-DHV5, I-DHV6 et I-DHV7,
- 1 aimant (simple, 2 bobines en série) après le distributeur : I-DIS-DHV,
- 12 aimants après le distributeur : I_{1,2,3,4} DHV8, I_{1,2,3,4} DHV9 et I_{1,2,3,4} DHV10.

Ces 16 aimants nécessitent 32 alimentations.

2.1 Les aimants

Les aimants resteront inchangés (leurs avantages : construction simple, longueur courte, déflexion verticale et horizontale dans le même élément).

Les aimants se composent de 4 plaques identiques (250 × 165 × 10 mm) sur lesquelles on réalise le bobinage. Ces plaques sont formées d'un moulage d'araldite dans lequel des tôles d'acier doux (10 × 1 × 164 mm) sont disposées à égale distance les unes des autres. Le bobinage se compose de 140 spires de fil en cuivre émaillé de 1 mm de diamètre et de 5 spires supplémentaires en série avec la bobine principale pour compenser les effets d'extrémité.

En couplant les plaques horizontales on obtient l'aimant pour déflexer le faisceau verticalement.

En couplant les plaques verticales on obtient l'aimant pour déflexer le faisceau horizontalement.

Elément	R (Ω)	L (à 1 kHz) (mH)	\emptyset fil (140 spires) (mm)	Dimensions plaques (mm)
I-DHV5 à I-DHV9	3,46	11,33	1	164 × 251 × 10
I-DHV10*)	9,67	7,03	0,5	92,5 × 199 × 11,4

*) Elément plus petit en dimensions pour s'adapter à la chambre à vide située juste avant ISH (septa horizontaux d'injection)

2.2 Déflexion magnétique

Avec les formules suivantes²⁾ les valeurs qui caractérisent les dipôles sont déterminées :

$$\vartheta = \frac{B\ell}{p} \times 0,3, \quad p \text{ à } 50 \text{ MeV} = 0,31,$$

$$B = \mu_0 H.$$

I = 10 A	B \approx 106 G	$\vartheta = 2,57$ mrad
----------	-------------------	-------------------------

2.3 Caractéristiques demandées pour les alimentations

- Alimentation pulsée,
- Alimentation bipolaire,
- Courant maximum ± 10 A,
- Stabilité du courant $\Delta I/I = 10^{-2}$,
- Temps utilisable par le faisceau 200 μ sec,
- Alimentation contrôlée via l'ordinateur à partir des IPL,
- Possibilité de variation du courant d'une impulsion à l'autre en valeur absolue et en polarité.

Les particularités de ces alimentations ne permettent pas de les trouver dans le commerce. Deux types d'alimentation développées au CERN répondent actuellement aux besoins :

- Alimentation pulsée 10 A, 150 V, régulée en courant³⁾
Schéma de principe : figure 1
Résultats-photos : figure 2.
- Alimentation pulsée à découpage, régulée en tension⁴⁾
Schéma de principe : figure 3
Résultats-photos : figure 4.

Les principales caractéristiques, les avantages et les inconvénients de ces alimentations sont résumés dans le tableau 1.

Tableau 1
Comparaison des alimentations

	Alimentation régulée en courant	Alimentation régulée en tension
PRINCIPE	Décharge naturelle puis régulation à travers un filtre actif comprenant 5 transistors HT	Décharge naturelle condensateur inductance courant sinusoïdal (1/4 τ = 2 msec) régulation tension sur les condensateurs
Stockage d'énergie	470 μF	100 μF
Tension de charge	150 V	250 V
Alimentation primaire	-	40 V, 40 A
Inverseur de polarité	Inverseur à relais	Inverseur par thyristors
Alimentation CI	±12 V, non stabilisé	±15 V, stabilisé
Courant aimant	10 A	10 A
Durée du plateau	3 msec à 1 A, 2 msec à 10 A	Sinusoïde. ΔI/I au sommet de la sinusoïde pour 200 μsec = 4 × 10 ⁻³
Stabilité	ΔI/I ≥ 10 ⁻³	ΔI/I ≥ 10 ⁻³
Commande	Local-remote	Local-remote
Acquisition	Acquisition directe sur shunt	Transformateur de mesure avec amplificateur différentiel
Montage mécanique	2 alimentations dans un châssis 19 pouces 3 unités	4 alimentations dans un châssis 19 pouces 5 unités (2 tiroirs par alimentation; régulation 2 unités; puissance 3 unités)
Prix	24'000.- francs	48'000.- francs
AVANTAGES	<ul style="list-style-type: none"> - Prix de revient faible - Simplicité de fonctionnement - Plateau au moment du passage du faisceau éliminant les problèmes de jitter et de bruit - Préavis non nécessaire, convient pour le PPM - Peuvent être réalisées rapidement - Alimentations identiques installées au Linac 	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentation pouvant s'adapter au système contrôle et acquisition du PSB - Alimentation par tiroirs facile d'accès, dépannage par élément séparé possible - Réglage du temps de charge possible
INCONVENIENTS	<ul style="list-style-type: none"> - Difficultés de s'adapter au système contrôle et acquisition par ordinateur du PSB⁵⁾ de manière à uniformiser le système (sans interface qui augmente le prix de revient) - Aucune alimentation stabilisée pour les circuits intégrés (fiabilité à long terme? réseau?) - Dépannage modulaire impossible, changement de châssis en cas de panne - Entrées non différentielles pour acquisition et commande 	<ul style="list-style-type: none"> - Prix de revient plus élevé - Préavis nécessaire : 500 msec - Pas de plateau au moment du passage du faisceau - Délai de réalisation plus long

3. CONCLUSIONS

Le choix entre les deux alimentations reste à faire.

La solution la plus économique et la plus rapide est de prendre, sans les modifier, les alimentations régulées en courant avec plateau³⁾ en utilisant le même système de commande et d'acquisition que les dipôles actuels (légères modifications, bipolarité ou bit de polarité).

La solution la meilleure est de construire une nouvelle alimentation avec les avantages des deux systèmes. Une telle alimentation aurait :

- une régulation en courant,
- un plateau au moment du passage du faisceau,
- des entrées différentielles pour la commande et l'acquisition,
- un *sample and hold* incorporé, comme prévu dans les nouveaux types d'acquisition⁵⁾,
- des alimentations stabilisées pour les circuits imprimés,
- un montage mécanique modulaire par tiroirs,
- des points de mesure pour les vérifications et le dépannage,
- un prix de revient situé aux environs de 40'000.- francs pour 32 alimentations,
- un inverseur à relais (entre 10^7 et 10^8 inversions à courant nul),
- un délai de réalisation de 8 à 10 mois.

Distribution :

Booster Committee
Section BR/PO
BOC

REFERENCES

- 1) J.P. Royer, Modifications effectuées pendant l'arrêt de janvier 1976 sur les alimentations des dipôles de la ligne d'injection en vue de la modulation d'intensité, Memorandum PS/BR du 3.3.1976.
- 2) C. Bovet, R. Gouiran, I. Gumowski et K.H. Reich, A selection of formulae and data useful for the design of AG synchrotrons, CERN MPS-SI DL/70/4 (1970).
- 3) M. Bourgeois, Alimentation pulsée 10 A, 150 V, régulée en courant, MPS/LIN Note 74-27 (1974).
- 4) J.P. Royer et F. Völker, Alimentation à découpage, régulée en tension, à paraître.
- 5) G. Baribaud, Interface de contrôle des alimentations, PS/BR Note 76-31 (1976).

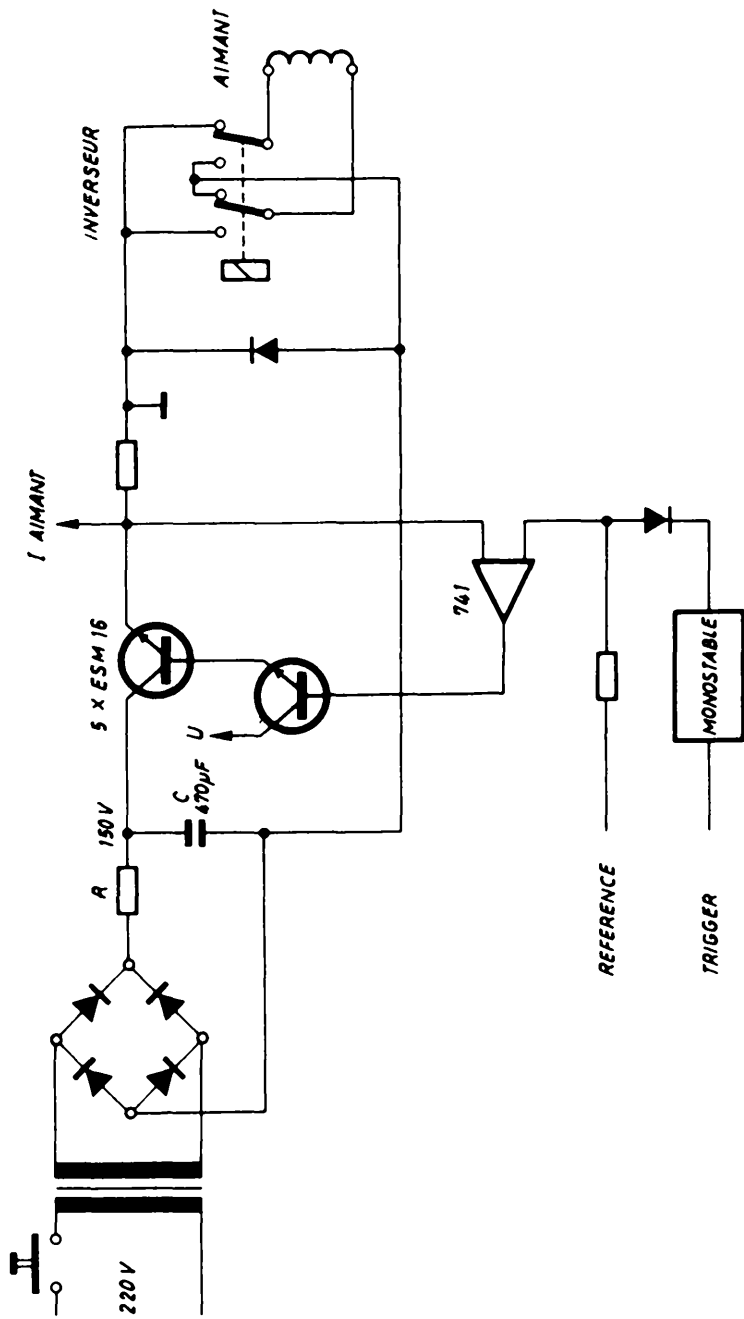
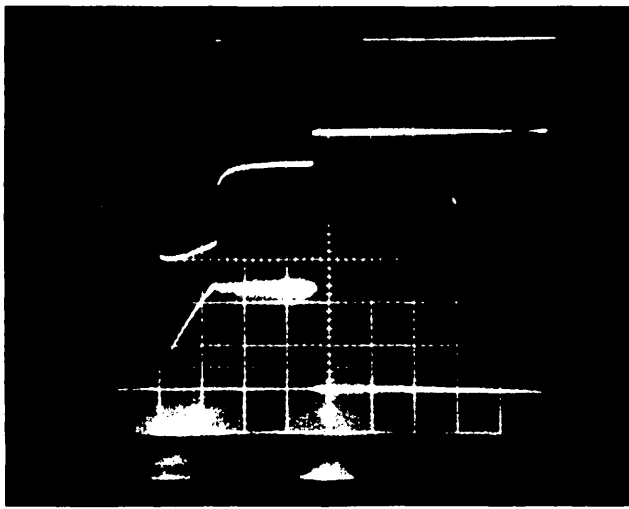


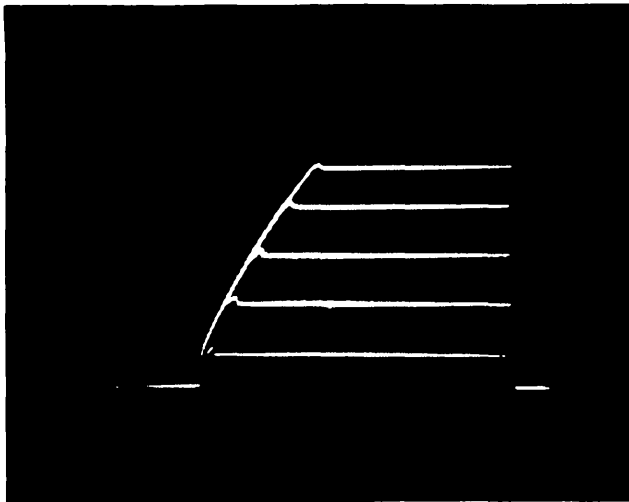
Fig. 1 Alimentation régulée en courant - Schéma de principe



0 U aimant = 50 V/div.

1 msec/div.

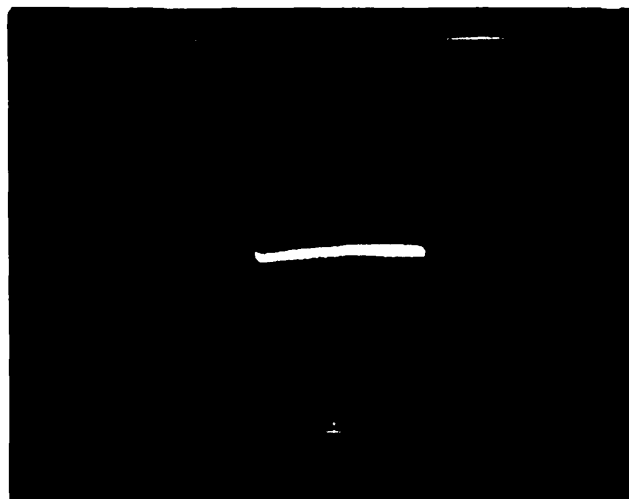
0 I aimant = 4 A/div.



I aimant = différentes valeurs

0,5 msec/div.

0 2 A/div.



I aimant = 10 A

0,5 msec/div.

10^{-3} A/div.

Fig. 2 Alimentation régulée en courant

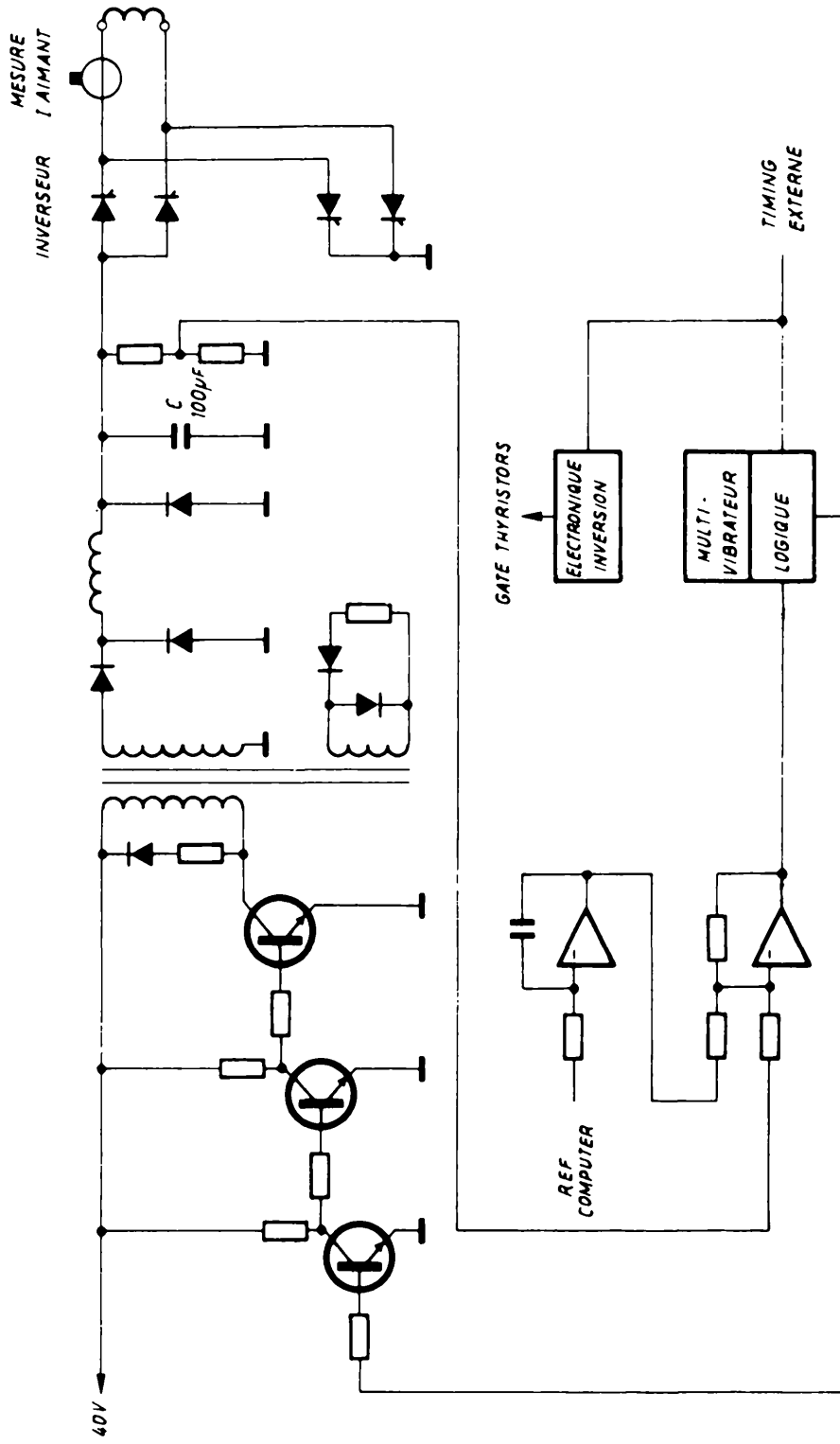
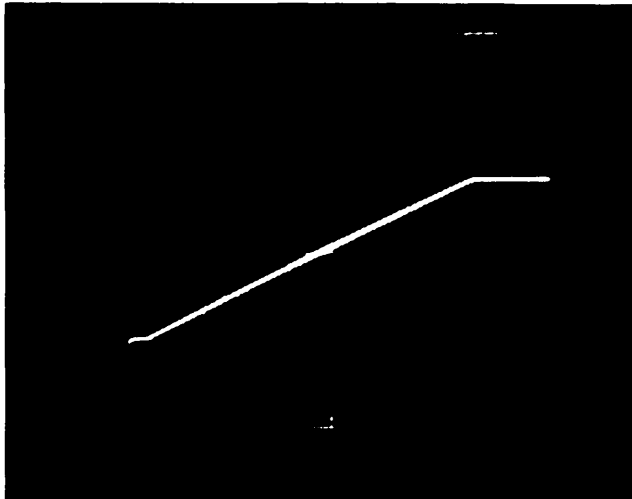


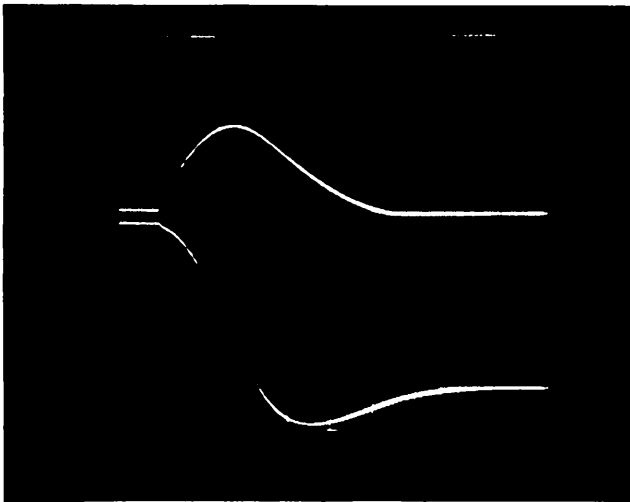
Fig. 3 Alimentation à découpage - Schéma de principe



I aimant = 10 A

50 msec/div.

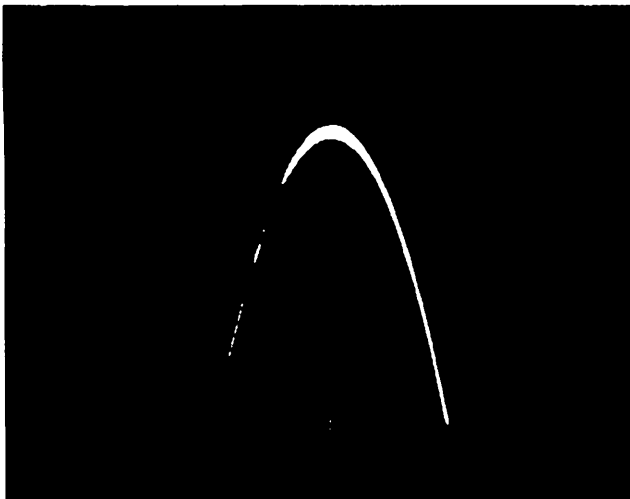
0 U condensateur = 50 V/div.



0 I aimant = 5 A/div.

1 msec/div.

0 U condensateur = 50 V/div.



I aimant = 10 A

50 µsec/div.

10^{-3} A/div.

Fig. 4 Alimentation à découpage, régulée en tension