

CERN/PS/BR 78-23
10.10.1978

SPECIFICATION TECHNIQUE POUR LES ALIMENTATIONS
DE CORRECTION ΔQ ET $\int B d t$ DU PS BOOSTER

M. METAIS

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
1. INTRODUCTION	1
1.1 Connexions et couplages avec les enroulements de l'aimant principal	1
1.2 Fonction des enroulements connectés aux alimentations " $\int Bdl$ "	1
1.3 Fonction des enroulements connectés aux alimentations " ΔQ "	2
2. CARACTERISTIQUES DES CHARGES	2
3. PARAMETRES DE DIMENSIONNEMENT DES ALIMENTATIONS	3
3.1 Tension et courant de sortie	3
3.2 Spécifications particulières des alimentations	4
4. PROPOSITIONS TECHNIQUES	6
4.1 Equipement de puissance	6
4.2 Electronique de commande, verrouillage et régulation	10
4.3 Couplage électrique	13
4.4 Conception mécanique et implantation des armoires	13
5. CONDITIONS PARTICULIERES ET CALENDRIER	16
6. QUESTIONNAIRE	19

FIGURES

I. INTRODUCTION

Le nombre d'alimentations faisant l'objet de la présente spécification est de :

- 5 pour les alimentations dites " $fBd1$ "
- 9 pour les alimentations dites " ΔQ ".

Les caractéristiques de ce matériel sont telles que la spécification peut être commune à l'ensemble des alimentations.

La publication CEI 146 - Convertisseurs à Semiconducteurs - de la Commission Electrotechnique Internationale est prise comme référence et couvre aussi les aspects qui ne sont pas explicitement traités dans la spécification.

1.1 Connexions et couplages avec les enroulements de l'aimant principal

Le système d'aimants principal du PS Booster comprend 33 aimants de déflexion (y compris l'aimant de référence), 32 lentilles focalisantes et 16 lentilles défocalisantes.

Chaque aimant a 4 entrefers superposés qui correspondent aux 4 anneaux (chambres à vide de niveau 1 à 4) de la machine.

Les enroulements principaux des aimants de déflexion et des lentilles sont connectés en série et parcourus par le même courant de l'Alimentation Principale ($I \leq 3000$ A).

La fig. 1 donne le schéma des connexions des aimants et des alimentations et montre le couplage inductif existant entre différentes charges.

Par ce fait des tensions induites bipolaires sont recueillies aux bornes des alimentations au cours de l'impulsion de courant de l'Alimentation Principale qui définit le cycle d'opération du PS Booster.

1.2 Fonction des enroulements connectés aux alimentations " $fBd1$ "

Des enroulements auxiliaires sur 31 des aimants de déflexion, branchés en série pour les entrefers d'un même niveau, permettent de varier le champ

magnétique intégré sur la circonférence de l'entrefer ($\int B dl$) et de corriger ainsi les différences entre les quatre anneaux ou de produire des différences requises pour une opération donnée.

1.3 Fonction des enroulements connectés aux alimentations " ΔQ "

Les lentilles étant parcourues par le courant de l'Alimentation Principale, qui varie entre 583 A (50 MeV) et 2760 A (800 MeV) pendant le cycle, il en résulte un point de travail bêtatronique dans le plan Q_H, Q_V de la machine.

Deux alimentations, connectées aux lentilles (ΣQ_F et ΣQ_D), permettent de varier les valeurs Q dans une gamme de $4 < Q_H < 5$ et $3,5 < Q_V < 5,5$ environ à 800 MeV.

En outre, des enroulements supplémentaires de correction (ΔQ) ont été prévus dans les entrefers des lentilles; selon leur excitation ces enroulements permettent l'ajustement individuel par anneau du point de travail, mais aussi la compensation des bandes d'arrêt dans le plan Q_H, Q_V pendant le cycle d'accélération.

2. CARACTERISTIQUES DES CHARGES

Pour chaque type d'alimentation, la charge est constituée des enroulements propres de correction connectés en série et des câbles de connexion.

L'effet du couplage inductif avec les enroulements principaux des aimants modifie légèrement l'impédance des charges.

En ce qui concerne les calculs des tensions induites un di/dt maximum de 20 A/ms et un dv/dt maximum de 70 V/ms ont été choisis pour le courant et la tension de l'Alimentation Principale.

Dans le dimensionnement des alimentations et le choix des composants il faudra tenir compte des tensions induites bipolaires recueillies aux bornes des charges. En effet pendant la montée du courant principal l'alimentation de correction doit suivre les variations de la tension induite, tout en gardant son courant à la valeur de consigne; pendant la désexcitation des aimants la tension induite devra être supportée par l'alimentation de correction, tandis que la précision du courant débité par celle-ci a, alors, moins d'importance.

Selon la polarité choisie par l'alimentation de correction, les tensions induites peuvent s'ajouter ou s'opposer à la tension fournie par l'alimentation.

Les impédances des charges et les tensions induites sont indiquées dans le Tableau 1; les câbles de connexion sont en Cu de 35 mm², de 120 mm² et de 70 mm² pour les enroulements $\int B d l$, ΔQ_F et ΔQ_D respectivement.

Les tensions induites ont été calculées avec la relation

$$U_i = \pm (20 \cdot 10^3) \cdot \frac{\text{Inductance du circuit primaire concerné (B, } Q_F \text{ ou } Q_D)}{(\text{nombre d'anneaux}) \cdot (\text{rapport de transformation})}$$

TABLEAU 1 - Impédances des charges et tensions induites

	$\int B d l$	ΔQ_F	ΔQ_D
Résistance enroulements (à 40 °C) (mΩ)	155	186	129
Résistance câbles et effets de couplage (à 40 °C) (mΩ)	445	77	127
Résistance totale (mΩ)	600	263	256
Inductance totale (mH)	6,8	0,98	0,83
Tension induite U_i (V)	130	20	17,5
$(dU_i/dt)_{\max}$ (V/ms)	10	5	5

3. PARAMETRES DE DIMENSIONNEMENT DES ALIMENTATIONS

3.1 Tension et courant de sortie

- Alimentation $\int B d l$

Etant donné la pente maximum du courant, $di_{\int B d l}/dt \leq 250$ A/s, et la tension induite par l'Alimentation Principale, $U_i \leq 130$ V la tension de sortie de l'alimentation devient 161 V selon la relation $U_s = R \cdot i + L \frac{di}{dt} + U_i$.

La fig. 2 montre l'allure des différentes grandeurs électriques en jeu dans un cas typique, sans pentes extrêmes, de courant $\int Bdl$ positif ou négatif. La valeur du courant de sortie a été fixée à 50 A crête.

En tenant compte des chutes de tension internes (thyristors, shunts, banc à transistors, selfs, transformateur, etc.) et des variations de la tension du réseau, l'alimentation aura une tension de redresseurs à vide de 200 V pour une tension d'entrée de 380 V.

- Alimentaion ΔQ

La pente limite du courant sera de 20 A/ms et la tension induite de 20 V; ainsi la tension de sortie de l'alimentation devient 65 V.

La fig. 3 montre l'allure des grandeurs électriques en jeu pour un courant ΔQ typique positif et négatif.

La valeur du courant de sortie a été fixée à 100 A crête.

La tension de redresseur à vide de l'alimentation sera de 100V pour une tension d'entrée de 380 V.

3.2 Spécifications particulières des alimentations

Les spécifications techniques des alimentations $\int Bdl$ et ΔQ sont recueillies dans le Tableau 2.

Les caractéristiques de ces alimentations suggèrent la possibilité d'avoir pour la partie de puissance deux mêmes éléments (transformateur, redresseur et filtre), connectés en série ou en parallèle, à travers une self, afin d'obtenir les tensions à vide et courant crête de 200 V, 50 A et 100V, 100 A. Les deux groupes transformateur-redresseur sont déphasés, ce qui améliore le ripple de la tension dc, les caractéristiques de régulation, la distorsion du courant de ligne au primaire.

Ce principe est illustré dans la fig. 4 et est adopté pour décrire les différents éléments des alimentations, L'électronique de commande et régulation sera identique pour les deux alimentations.

TABLEAU 2 - Spécifications des alimentations

	\int Bd1	ΔQ
1. Courant de sortie crête (A)	50	100
2. Courant de sortie permanent (A)	40	80
3. Variations ΔI rapide (A)	10	20
4. $\Delta I/\Delta t$ maximum (A/ms)	0,25	20
5. Plage de contrôle du courant (A)	0,1 ÷ 50	0,2 ÷ 100
6. Résolution de la commande	12 bits 1LSB \cong 12,2mA	12 bits 1LSB \cong 24,4mA
7. Reproductibilité du courant de pulse à pulse, précision, spikes, ripple et stabilité sur 24 h (somme des différentes sources d'erreur en % de I_{max})	< 0,1	< 0,1
8. Précision, spikes et ripple pendant les variations rapides du courant (somme des différentes sources d'erreur en % de I_{max})	< 0,5	< 0,5
9. Taux maximum de répétition des impulsions, régulières ou non, (s)	0,6	0,6
10. Changement de fonction de référence et de polarité du courant de pulse à pulse	oui	oui
11. Tension maximum du redresseur à vide (V)	200	100
12. Tension maximum de sortie à I_{max} (V)	161	65
13. Tension d'entrée (V)	$3 \times 380 \pm 5\%$	$3 \times 380 \pm 5\%$
14. Puissance permanente de dimensionnement (kW)	8	8
15. Puissance crête de dimensionnement (kW)	10	10

4. PROPOSITIONS TECHNIQUES

4.1 Equipement de puissance (fig. 4)

4.1.1 Alimentation ac 3 x 380V, 50 Hz

- Bornier d'arrivée B1 :
connexion par cosses (3 Ph + N + Terre)
Trois fusibles "puissance" - F_1, F_2, F_3 (R, S, T) -
avec indication en bout de fusible² et par trois lampes
en aval des fusibles.
- Disjoncteur "puissance" D1 :
triphasé, électromagnétique, à commande manuelle sur le panneau
avant de l'alimentation.
- Disjoncteur "auxiliaires" D2 :
triphasé, électromagnétique, à commande manuelle sur le panneau
avant de l'alimentation.
Trois fusibles F_4, F_5, F_6 (R, S, T) avec indication en bout
de fusible.
- Contacteur CT :
triphasé, à commande électrique à distance.

4.1.2 Transformateurs T1, T2 (fig. 5)

Triphasés, au nombre de deux (ou un seul avec double primaire), ils comporteront des enroulements primaires connectés de telle manière à avoir aux secondaires en étoile, un déphasage de 30^0 électriques entre eux. Les points milieu seront sortis.

Pour éviter des courants d'enclenchement excessifs et la production de sous harmoniques, il est demandé un soin particulier dans la fabrication de ces transformateurs :

- égalité de tensions de court-circuit entre les trois phases
- précision de l'angle de déphasage entre enroulements secondaires
- bon choix du matériel magnétique et faible induction pour une tension réseau de 380 V + 5%.

4.1.3 Ponts redresseurs (Th11 ... Th26)

Ces ponts sont refroidis par ventilation naturelle et seront dimensionnés pour un courant permanent de 60A.

Les thyristors constituant ces ponts triphasés, seront facilement accessibles et démontables et seront équipés, en outre, de protection contre les surtensions et du/dt (RC appropriés et, éventuellement, varactors) et de thermocontacts.

4.1.4 Self de couplage et filtre passif

La self L1, constituée de deux parties égales (tolérance $\pm 0,1\%$) et utilisée seulement pour la marche en parallèle des redresseurs, équilibrera les courants des deux ponts.

La self L2 aura deux enroulements identiques et symétriques sur le même noyau, qui seront connectés en série ou en parallèle : la saturation de cette self débutera au-dessus d'un courant de 60A (120A avec les enroulements en parallèle) et les variations relatives de l'inductance seront inférieures à 5% dans toute la plage de courants de fonctionnement et pour des fréquences jusqu'à 10 kHz.

Le refroidissement sera à air, par convection naturelle.

Les condensateurs C_1 et C_2 seront du type papier métallisé, dimensionnés pour une tension dc $\geq 150V$, câblés de manière "non inductive".

Le coefficient d'amortissement de l'ensemble du filtre sera de $0,5 \div 0,6$.

4.1.5 Banc à transistors du régulateur série (fig. 6)

Les transistors choisis devront fonctionner avec un coefficient de sécurité en puissance de 100% selon les courbes SOA garanties par le fabricant.

Ils seront connectés en parallèle et protégés individuellement par fusible; une résistance d'émetteur améliorera le coefficient de répartition du courant entre transistors.

Les autres circuits de protection prévus sont les suivants :

- une diode sur la base
- une diode antiparallèle au banc contre les tensions inverses
- un circuit diodes-zener pour limiter la tension V_{CE} du banc.

Les transistors seront montés sur une plaque de cuivre, refroidie à l'eau déminéralisée, dont les dimensions peuvent être adaptées à l'implantation choisie.

La température maximum d'entrée de l'eau pourra varier entre 20 et 40 °C avec un $\Delta\theta$ entre entrée et sortie de 5 °C.

Une protection de surtempérature par vigitherme sera prévue sur la plaque; le débit de l'eau sera aussi surveillé, mais d'une manière globale pour un ensemble d'alimentation (fig. 12).

4.1.6 Self d'émetteur

Pour améliorer les caractéristiques de régulation des alimentations une inductance L_3 sans fer a été connectée en aval du banc à transistors. Cette self devra être construite et montée de façon à ne pas induire des tensions parasites sur les autres éléments de l'alimentation.

4.1.7 Shunts

Un shunt à haute précision et stabilité est prévu pour la régulation, un autre shunt servira à la lecture du courant de sortie.

Le premier sera "non inductif", protégé contre les interférences électromagnétiques et refroidi par eau; il pourra être monté sur la même plaque que les transistors (fig. 6).

Les spécifications de ce shunt sont :

- Valeur $R = 10 \text{ m}\Omega$ pour les alimentations ΔQ et $R = 20 \text{ m}\Omega$ pour les alimentations $\int B dI$ ($I_{\max} \cong 1V$)
- Précision $\Delta R/R$ à 20 °C : $\leq 10^{-4}$
- Coefficient de stabilité en température : $50 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$.

4.1.8 Inverseur de polarité (Th31 ... Th34)

Cet inverseur est constitué d'un pont Graetz à thyristors.

Les thyristors, facilement accessibles et démontables, auront les mêmes protections de surtension et de température et le même type de refroidissement que les thyristors des ponts redresseurs.

Ils seront cependant dimensionnés pour un courant permanent de 100A.

4.1.9 Diviseurs de tension

Au nombre de quatre ils sont prévus pour la régulation avec entrée sur amplificateur différentiel et pour le contrôle et visualisation des tensions :

- U_F tension en aval du filtre passif
- U_{CE} tension aux bornes du banc à transistors
- U_L tension entre la masse et la borne négative de l'alimentation en amont de l'inverseur
- U_S tension en aval de l'inverseur alimentant directement le voltmètre sur le panneau de mesure.

Chaque diviseur fournit une tension égale à un dixième de la tension réelle.

4.1.10 Bornier de sortie B2

Connexion des alimentations par boulons sur les câbles des charges équipés de cosses M8.

4.1.11 Panneau de mesure

Situé en face avant de l'armoire, il aura les instruments suivants :

- ampèremètre dc, classe 1.5, pour régime pulsé, à point milieu, protégé par fusibles, branché sur un shunt de faible valeur et puissance (1 à 10 mΩ), pour courant I_L (± 100 A).
- voltmètre, classe 1.5, à point milieu pour tension U_S (± 200 V) protégé par fusibles, connecté au pont diviseur en aval de l'inverseur de polarité et prévu pour régime pulsé.

voltmètre, classe 1.5, pour régime pulsé, protégé par fusibles, à échelle logarithmique (0 ÷ 200 V); un commutateur à trois positions permettra de choisir la tension U_F , U_{CE} , U_L .

4.2 Electronique de commande, verrouillage et régulation

Les circuits électroniques d'asservissement, de commande, de verrouillages et des auxiliaires sont regroupés dans des tiroirs débrochables modèle CIM, montés eux-mêmes dans un châssis 19", 25U (fig. 7).

4.2.1 Tiroir "Power supplies"

Tiroir regroupant les alimentations suivantes :

+ 15 V	1,3 A	} circuits imprimés et composants discrets
- 15 V	0,55A	
+ 30 V	0,6 A	commande du banc à transistors.

Des points de test en face avant permettent de vérifier la valeur de la tension et du courant de chaque alimentation.

4.2.2 Tiroir "Synchro"

Produit deux systèmes triphasés, déphasés de $+ 15^0$ et $- 15^0$ électriques par rapport à la tension réseau, utilisés pour la synchronisation des impulsions d'allumage des ponts redresseurs.

Une alimentation auxiliaire + 24 V, 5 A, non régulée, est incluse dans ce tiroir; elle alimente les générateurs d'impulsions des thyristors des ponts redresseurs et de l'inverseur.

Ce tiroir contient aussi des relais qui surveillent la présence de la tension 24 V et des signaux de synchronisation.

Des points de mesure, des indicateurs LED et la possibilité de synchroniser les circuits d'allumage avec le même signal monophasé, pour en faciliter le réglage, sont prévus sur la face avant de ce tiroir.

4.2.3 Tiroirs "Rectifier firing"

Au nombre de deux, ils comportent chacun les transformateurs d'impulsion et les circuits de formation des rampes, de comparaison et de production d'impulsions d'allumage.

Le panneau frontal de ces tiroirs comporte des prises de mesure des impulsions de sortie, des rampes et de la tension de commande ainsi que les possibilités de réglage par potentiomètre et de blocage par commutateur.

4.2.4 Tiroir "Polarity"

Cette unité permet de mémoriser une demande d'inversion de polarité (commande locale ou à distance) et d'autoriser l'exécution du processus d'inversion, par l'impulsion EBC (20 V, 1 μ s), en l'absence de tensions induites.

L'inversion de polarité se déroule selon une séquence de temps, appelés T_1 , T_2 , T_3 comme illustré en fig. 8; ces temps produisent des signaux de verrouillage et de mise à zéro des références.

Un oscillateur interne et des générateurs d'impulsions fournissent les impulsions d'allumage des thyristors. Ces impulsions sont bloquées en cas de défaut ou dans l'état opérationnel OFF ou STAND BY.

La demande de changement de polarité est définie par l'état d'un bit de commande décrit comme suit :

polarité positive : bit niveau logique L (0 V)
polarité négative : bit niveau logique H

Des indicateurs LED de signaux caractérisant la séquence d'inversion et des sélecteurs du mode de fonctionnement sont prévus en face avant du tiroir.

4.2.5 Tiroir "ON-OFF-Interlocks"

Ce tiroir regroupe le sélecteur de mode d'opération "LOCAL/REMOTE", les boutons poussoirs d'actuation "OFF, STAND-BY, ON, RESET" et les indicateurs LED des différents défauts ou alarmes.

Les actuations ont la définition standard suivante pour toute alimentation :

- OFF : alimentation en service, puissance interrompue (CT ouvert) mais possibilité d'enclencher l'alimentation à distance
- STAND-BY : alimentation enclenchée mais bloquée électroniquement, par exemple par système d'inhibition
- ON : alimentation enclenchée et qui fournit du courant à la charge selon la fonction de référence qui lui est adressée
- RESET : tentative d'effacement de fautes affichées par les indicateurs.

N.B.: les trois premières actuations sont exclusives et une logique appropriée dans le tiroir empêche toute condition anormale d'actuation.

En face avant du tiroir des LED indiquent l'état des bits d'actuation et acquisition; en fonctionnement "REMOTE" ces bits proviennent et sont envoyés au tiroir (externe à l'alimentation) d'interface avec l'ordinateur.

4.2.6 Tiroir "Régulation" (fig. 9)

Le système d'asservissement électronique prévu comportera deux boucles de tension, une boucle courant et éventuellement une boucle pour l'élimination du ripple sur le courant.

Les boucles tension - l'une pour compenser les tensions induites sur la charge et l'autre pour maintenir une tension U_{CE} adéquate aux bornes du banc à transistors quel que soit le courant demandé - agissent sur la commande de l'angle d'allumage des ponts à thyristors.

La boucle de régulation courant et d'élimination du ripple agit sur la commande du banc à transistors.

La puissance totale dissipée ($\sim U_{CE} \times I_L$) par le banc à transistors sera limitée par une boucle supplémentaire avec seuil d'intervention ajustable.

Une tension de référence (programme de 0 à 10 V fourni par le CERN) sera appliquée à l'alimentation et aura une allure différente selon le mode de fonctionnement de l'accélérateur et les études en cours.

4.3 Couplage électrique

Comme déjà mentionné au chapitre 3, il a été décidé d'avoir le même type d'alimentation pour les enroulements $\int Bdl$ et ΔQ et d'obtenir les caractéristiques de sortie spécifiées par un couplage judicieux des composants de puissance.

Cela dans le but de :

uniformiser les composants électriques et électroniques et faciliter la mise en service et l'exploitation de cet équipement

avoir les mêmes moyens de test et dépannage ainsi que les mêmes pièces de réserve et une documentation commune.

Seulement les parties mobiles seront normalement interchangeables d'un type d'alimentation à l'autre, le câblage interne des armoires étant inhérent à chacun des deux.

Ce concept, qui a servi de base pour la présente spécification, a été étudié sur une alimentation prototype 50/100 A, 100/50 V, dont les composants sont énumérés dans le Tableau 3.

Un soin particulier sera donné au positionnement et au câblage des composants de puissance afin d'éviter les couplages et interférences électriques; le shunt, les ponts diviseurs et le banc à transistors seront spécialement protégés et auront des liaisons blindées avec conducteurs torsadés vers le châssis électronique.

Une barre de masse est prévue à l'intérieur de l'armoire comme indiqué en fig. 10; cette barre regroupe les masses du circuit de puissance, des ponts diviseurs et de l'électronique.

4.4 Conception mécanique et implantation des armoires

La fig. 10 montre un exemple indicatif d'aménagement interne d'une armoire.

Pour cet exemple les dimensions d'un rack standard CERN (Schroff) pouvant contenir un châssis électronique 19" et possédant une porte avant et une porte arrière ont été utilisées.

La porte avant, plus basse, permettra un accès de contrôle et de maintenance sur le châssis électronique et sur le panneau de mesure.

Le banc à transistors sera installé de telle manière à avoir accès aux composants fixés sur les circuits imprimés de commande.

Un système de glissières pourra être envisagé. Les connexions électriques et raccords hydrauliques se feront dans la partie inférieure, à l'intérieur des armoires qui seront installées sur un faux plancher de 0,5 m de haut.

Le refroidissement de certains éléments se faisant par eau déminéralisée (banc à transistors, shunt), une ventilation naturelle doit suffire pour l'armoire; néanmoins le soumissionnaire peut proposer une ventilation forcée d'appoint à condition d'en justifier la raison par des avantages et de conserver un très faible niveau sonore. Température max. de l'air à l'entrée : 35 °C.

Les composants magnétiques seront conçus, construits et montés (faible induction, imprégnation, montage sur "silent blocks") de manière à garantir un très faible niveau sonore en régime pulsé.

Le matériel ayant servi à l'établissement de la fig. 10 est celui défini dans le Tableau 3. Néanmoins le soumissionnaire pourra proposer toute armoire de son choix dans la gamme de dimensions suivante :

hauteur : 2100 mm \pm à indiquer

Largeur : 540 mm \pm zéro
à indiquer

Profondeur: 740 mm \pm zéro
à indiquer

avec une partie prévue pour loger le châssis 19" de l'électronique.

Toute la visserie utilisée sera du type métrique.

L'implantation des alimentations dans la salle de contrôle du PS Booster est représentée en fig. 11. La fig. 12 montre le circuit de refroidissement prévu, pour l'ensemble des alimentations $fBd1$ et ΔQ .

Un rack (standard CERN) comportera les circuits de verrouillage communs à l'ensemble des alimentations ainsi que les vannes manuelles et les débitmètres des circuits d'eau; ce rack ne fait cependant pas partie de la présente spécification.

TABLEAU 3 - Composants de l'alimentation prototype

B1, B2	Plaques à bornes
F1 ÷ F3	Fusibles 20 A (indicateur mécanique de fusion)
F4 ÷ F6	Fusible 6 A (indicateur mécanique de fusion)
D1	Disjoncteur triphasé 25 A Merlin Gérin type compact
D2	Disjoncteur triphasé 10 A Merlin Gérin type compact
T1, T2	Transformateur BESSON type 3094 - 4350 VA - 380 V triphasé - 29 V secondaire (fig. 5)
L1	Self MIEBACH a point milieu 2 x 1,2 mH, 1150 VA
L2	Self BESSON 0,5 mH, 100 A dc
L3	Self BESSON à air 200 μ H, 100 A dc
C1, C2	Capacités SIC-SAFCO 20 x 250 μ F, 160 V, $f_0 \simeq 100$ Hz ($C_1 \sim 1/3 C_2$)
TR	Bancs à transistors (fig. 6)*
Rsh	Shunt - 10 x RH 50 - 0,1 Ω - SFERNICE
Th11 - Th26	Thyristors montés en pont 100 A - WESTINGHOUSE - refroidissement naturel - Réf. no. 45.PH 04
Th31 - Th34	Thyristors BBC, type CS 220 - 06go22
R1	Résistance SFERNICE 110 Ω - 160 W
R2	Résistance SFERNICE 0,45 Ω - 100 W

*) Avec 60 transistors 2 N 3773 et résistances d'émetteur de 0,33 Ω , 10 W.

5. CONDITIONS PARTICULIERES ET CALENDRIER

La spécification couvre l'étude, la construction, les essais à l'usine et la livraison de 14 alimentations:

- 5 du type $fBd1$
- 9 du type ΔQ .

Les alimentations sont considérées comme étant composées de trois parties:

- 1) L'équipement de puissance, monté dans une armoire de dimensions données, testé et prêt à fonctionner.
- 2) Le châssis électronique avec les circuits d'allumage des thyristors, d'asservissement, de verrouillage, de commande et les auxiliaires.
- 3) Le banc à transistors et le shunt.

Le CERN demande au soumissionnaire d'indiquer séparément dans l'offre le prix pour chacune de ces trois parties et se réserve le droit de ne commander que l'équipement de puissance, quitte à définir avec le fournisseur de celui-ci une collaboration au sujet du matériel 2) et 3), ou de se charger complètement de sa réalisation.

Au cas où le matériel en 2) et 3) ne ferait pas partie de la commande ou du programme de fabrication du soumissionnaire, il pourrait être mis à disposition par le CERN afin de faciliter les développements et les essais en usine.

Les essais de réception préliminaire suivants seront faits chez le fournisseur sur chacune des 14 alimentations :

- vérification du câblage
- vérification du bon fonctionnement des éléments de puissance
- essais de puissance, d'une durée à convenir, à courant nominal continu et pulsé
- vérification de tous les autres aspects de la spécification.

En outre sur une alimentation de chaque type et en présence d'un délégué du CERN seront faits les essais ci-dessus et des essais plus complets, qui comprendront entre autres:

l'essai d'un transformateur (rapport de transformation, déphasage, tension de court-circuit de chaque phase, essais à vide et en court-circuit),

l'essai de puissance, pour une durée de 4 heures, des alimentations à courant nominal continu et pulsé.

Un rapport de l'ensemble des essais en usine sera rédigé par le fournisseur et joint aux alimentations.

Le fournisseur mettra à disposition l'appareillage de mesure, les installations techniques et le personnel nécessaire pour la préparation et l'exécution de ces essais.

Le CERN pourra mettre à disposition du fournisseur une charge passive et, si le contrat le stipule ainsi, un châssis électronique et un banc à transistors avec shunt pour les essais de réception à l'usine.

Suite à ces essais, le CERN donnera par écrit son accord pour la livraison du matériel.

Les essais de réception provisoire conformément au chapitre 15 des Conditions générales des Contrats du CERN ne pourront être faits qu'au CERN sur la charge réelle avec tensions induites.

Le délai de livraison demandé pour l'ensemble des 14 alimentations est de huit mois à partir de la date de réception de la commande.

Une première pièce de chaque type d'alimentation devra être disponible, au plus tard six mois après la commande, pour les essais de réception en usine en présence d'un délégué du CERN.

Le fabricant soumettra au CERN, pour accord, dans les trois mois après passation de la commande, une documentation complète (caractéristiques techniques et liste des composants principaux, schémas, plans, etc.).

Le CERN aura deux semaines pour exprimer ses commentaires par écrit.

Une documentation préliminaire en complément au questionnaire sera attachée à l'offre.

Une garantie de 2 ans, à partir de la date des essais de réception provisoire au CERN, est demandée contre tout vice de conception ou de construction; en effet la mise en opération définitive du matériel n'est prévue qu'en 1980.

6. QUESTIONNAIRE

Indépendamment des composants et des solutions proposés dans cette spécification, les firmes pourront soumettre leurs propres propositions et répondront, de ce fait, au questionnaire ci-dessous qui servira de base pour la comparaison technique des offres.

6.1 Disjoncteurs D1, D2 et contacteur CT

Type, fabricant, autres données techniques

D1

D2

CT

6.2 Transformateurs T1, T2

Principe de 2 transformateurs triphasés oui/non

Principe de 1 transformateur triphasé double oui/non

Couplage (avec neutre sorti au secondaire)

Construction du noyau

Déphasage des vecteurs secondaires et écart (%)

Tension de court-circuit et écart (%) pour chaque phase

Nombre de spires et section des enroulements
(n_1 , n_2 , n_3)

Rapport de transformation

Tôles utilisées pour le noyau

Tension de phase au secondaire	V
Courant crête max. à la mise sous tension et durée du transitoire	A, ms
Courant magnétisant, pertes Fe, pertes Cu	A, W
Puissance apparente du primaire et du secondaire	kVA
Dimensions extérieurs :	
hauteur	mm
largeur	mm
longueur	mm
Poids approximatif	kp

6.3 Ponts redresseurs (Th11 ... Th26)

Thyristors (type, fabricant, montage)

Radiateurs (modèle)

Montage en pont triphasé, préfabriqué

autre

Valeur des RC (et des autres éléments) de protection	Ω μF
--	---------------------

6.4 Self de couplage L1

Inductivité	mH
-------------	----

Nombre de spires

Dimensionnement	Vs, VA
-----------------	--------

Dimensions extérieurs	mm ³
-----------------------	-----------------

6.5 Filtre passif R1, R2, L2, C1, C2

R1, R2	résistance	Ω
	puissance	W
	type	
L2	inductance	mH
	Nombre d'enroulements et de spires	
	section Fe et Cu	mm ²
	entrefer	mm
	Variation de l'inductance dans la plage $f \leq 10$ kHz, $I \leq 120$ A (60 A)	%
C1, C2	capacité	mF
	type	
	tension permanente	V
	Nombre d'unités	

6.6 Banc à transistors

Fourni par le CERN	oui/non
Fourni par le soumissionnaire	oui/non
(schéma, dessin mécanique, type de transistors, etc.)	

6.7 Self L3

Inductivité	mH
Type de construction	
Dimensions extérieures	

6.8 Shunt

Fourni par le CERN avec banc à transistors oui/non

Fourni par le soumissionnaire oui/non

Type, nombre de résistances, fabricant, schéma

6.9 Inverseur de polarité (Th31 ... Th34)

Thyristors (type, fabricant, montage)

Radiateurs (modèle)

Montage de l'ensemble

Valeurs des éléments (RC) de protection Ω
 μF

6.10 Armoire

Type, fabricant

Hauteur mm

Largeur mm

Profondeur mm

Ventilation

Poids de l'alimentation fournie kp

6.11 Châssis électronique

Châssis complet fournis par le CERN oui/non

Châssis et cartes imprimés complets,
développés et fournis par le soumissionnaire
(description et documentation) oui/non

Autre solution proposée

6.12 Panneau de mesure

Ampèremètre (type, classe, fabricant)

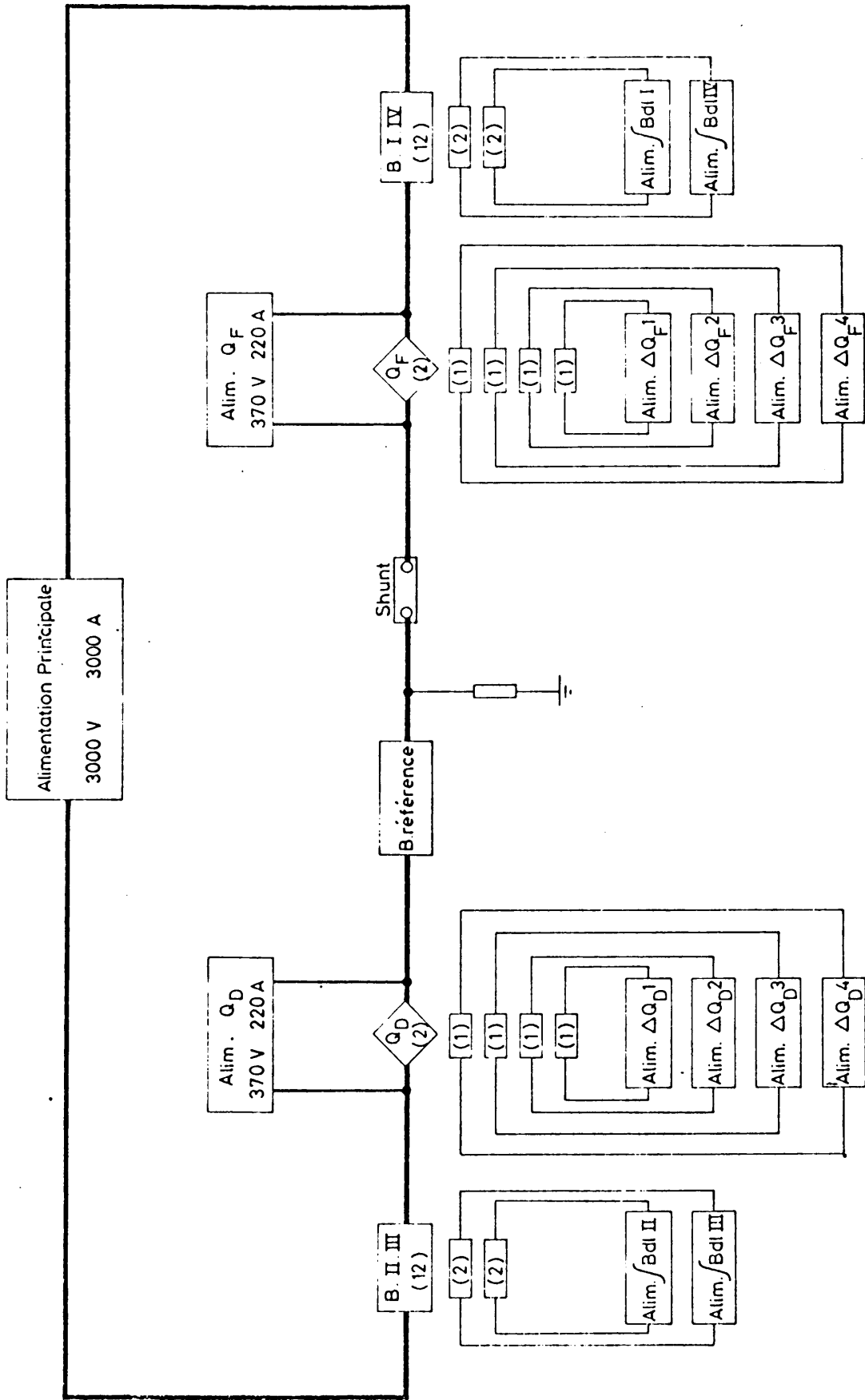
Voltmètre

Voltmètre

Commutateur de voltmètre

LISTE DES FIGURES

- Fig. 1 Schéma général, aimants principaux, quadripôles et éléments de correction du PS Booster
- Fig. 2 Courant et tension des enroulements $fBd1$
- Fig. 3 Courant et tension des enroulements ΔQ
- Fig. 4 Schéma des circuits de puissance
- Fig. 5 Transformateurs de puissance T1 et T2 et diagramme des tensions
- Fig. 6.I Banc à transistors, schéma version 1
- Fig. 6.II Banc à transistors, implantation version 1
- Fig. 7 Châssis électronique 19"
- Fig. 8 Séquences d'inversion
- Fig. 9 Schéma - bloc, régulation
- Fig. 10 Armoire, disposition des éléments
- Fig. 11 Disposition des armoires
- Fig. 12 Circuits de refroidissement



Nota:

- Dans un même bâti:
 - les bendings niveaux 2 et 3 sont en série
 - les bendings niveaux 1 et 4, sont en série
 - les quadrupoles Q_D niveaux 1, 2, 3 et 4 sont en série
 - les quadrupoles Q_F niveaux 1, 2, 3 et 4 sont en série
- Les enroulements de correction sont en série pour un même anneau
- Les chiffres entre parenthèse indiquent le nombre de spires

Schéma général		DESSINÉ	Vickovic	28.6.78
AIMANTS PRINCIPAUX - QUADRUPOLES		ÉCHELLE	CONTROLÉ	
ELEMENTS DE CORRECTION - PSB		REMPLACÉ	REPLACE PAR	
ORGANISATION EUROPÉENNE POUR LA RECHERCHE NUCLEAIRE EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH		REDUCTION		
CERN-DIV. PS				PS/BR 611.000.1051
		TEL. (20)	87 81 11	
		TELEX	GENEVA 1 19 94	

INDICE	DATE	NOM	ZONE	MODIFICATION

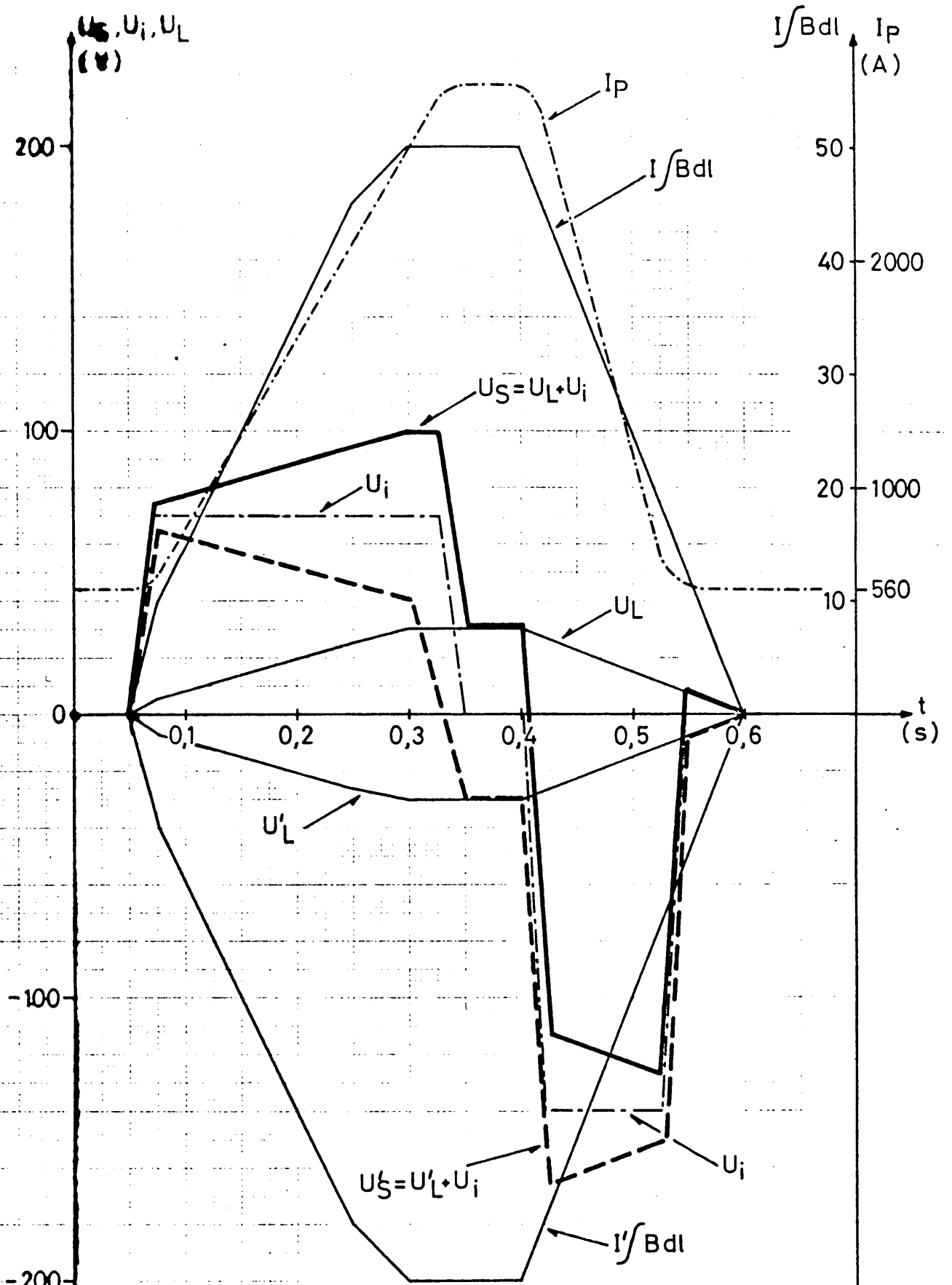


Fig. 2

Courant et tension de l'alimentation $\int B dt$

- I_p : courant de l'Alimentation Principale
- U_i : tension induite
- U_S : tension de sortie
- U_L : tension de la charge, $\sim (R_i + L di/dt)$

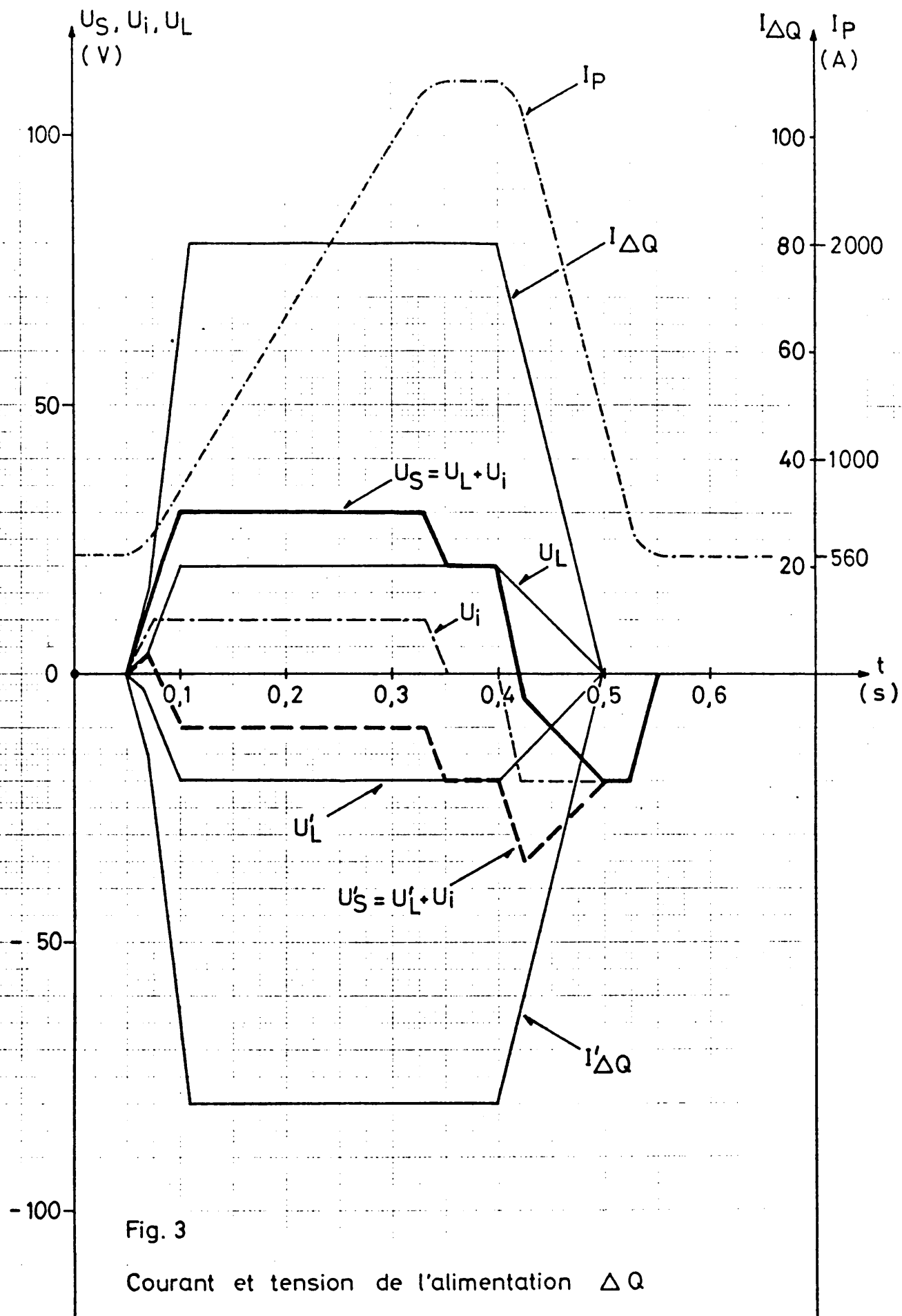


Fig. 3

Courant et tension de l'alimentation ΔQ

- I_p : courant de l'Alimentation Principale
- U_i : tension induite
- U_s : tension de sortie
- U_L : tension de la charge, $\sim (R_i + L di/dt)$

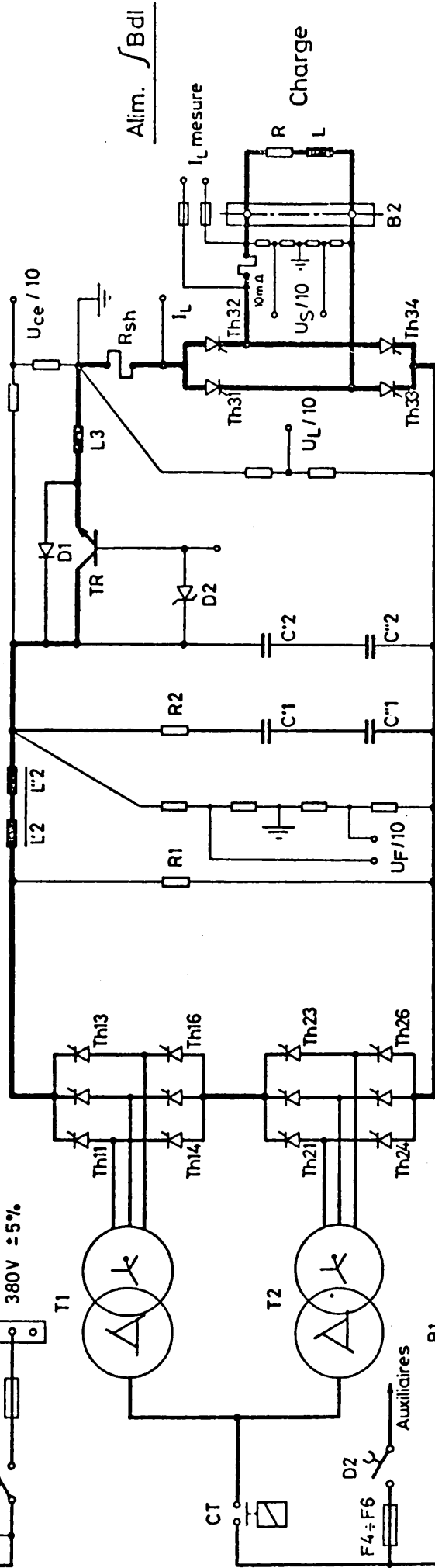
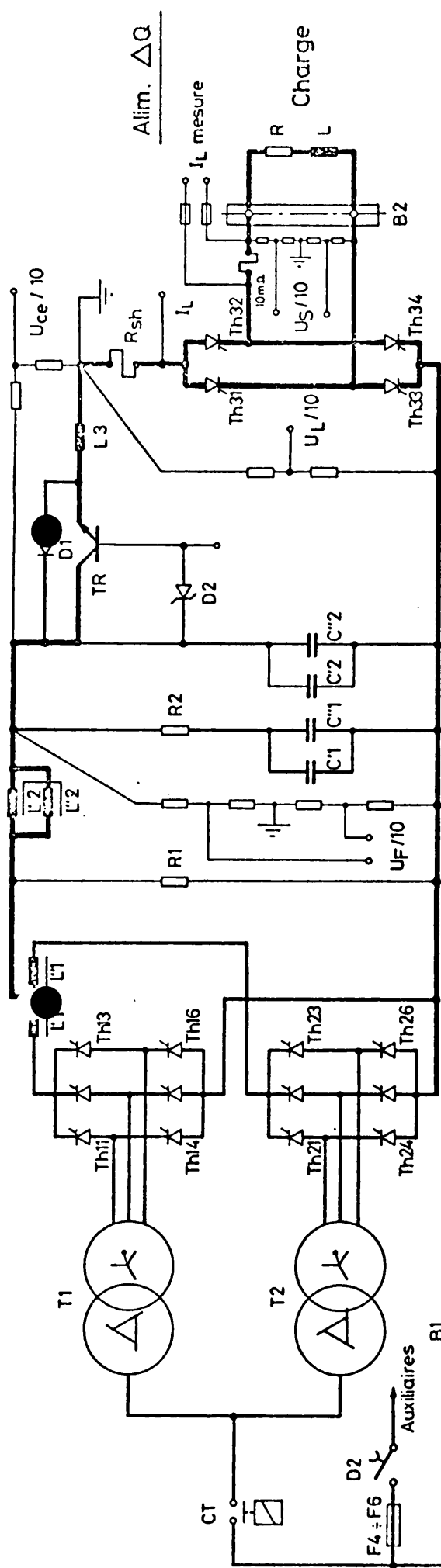


Fig. 4

ALIMENTATIONS $\int Bdl$ & ΔQ Circuits puissance - Schéma.	ECHELLE SCALE	DESSINE 30.8.1978	Vicerovic
	CONTROLÉ REMPLACÉ REDUCTION		
ORGANISATION EUROPEENNE POUR LA RECHERCHE NUCLEAIRE EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH CERN-DIV:PS		PS/BR 611.000.1052	

DATE	NOM	ZONE	MODIFICATION

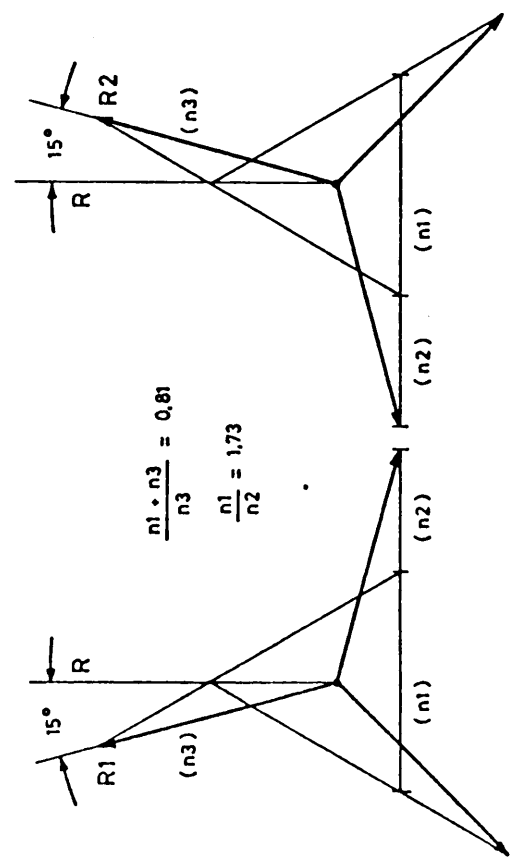
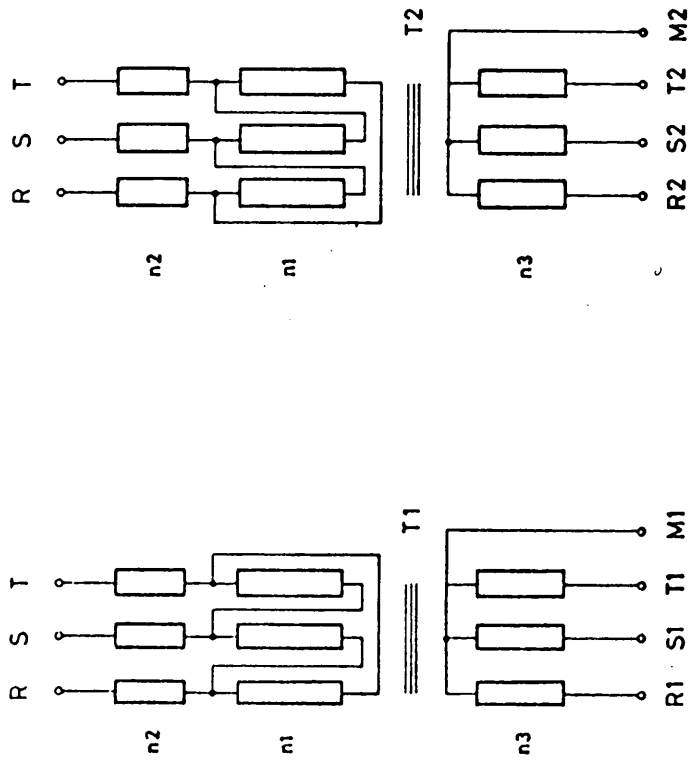


Fig.5 Transformateurs de puissance T1 & T2.

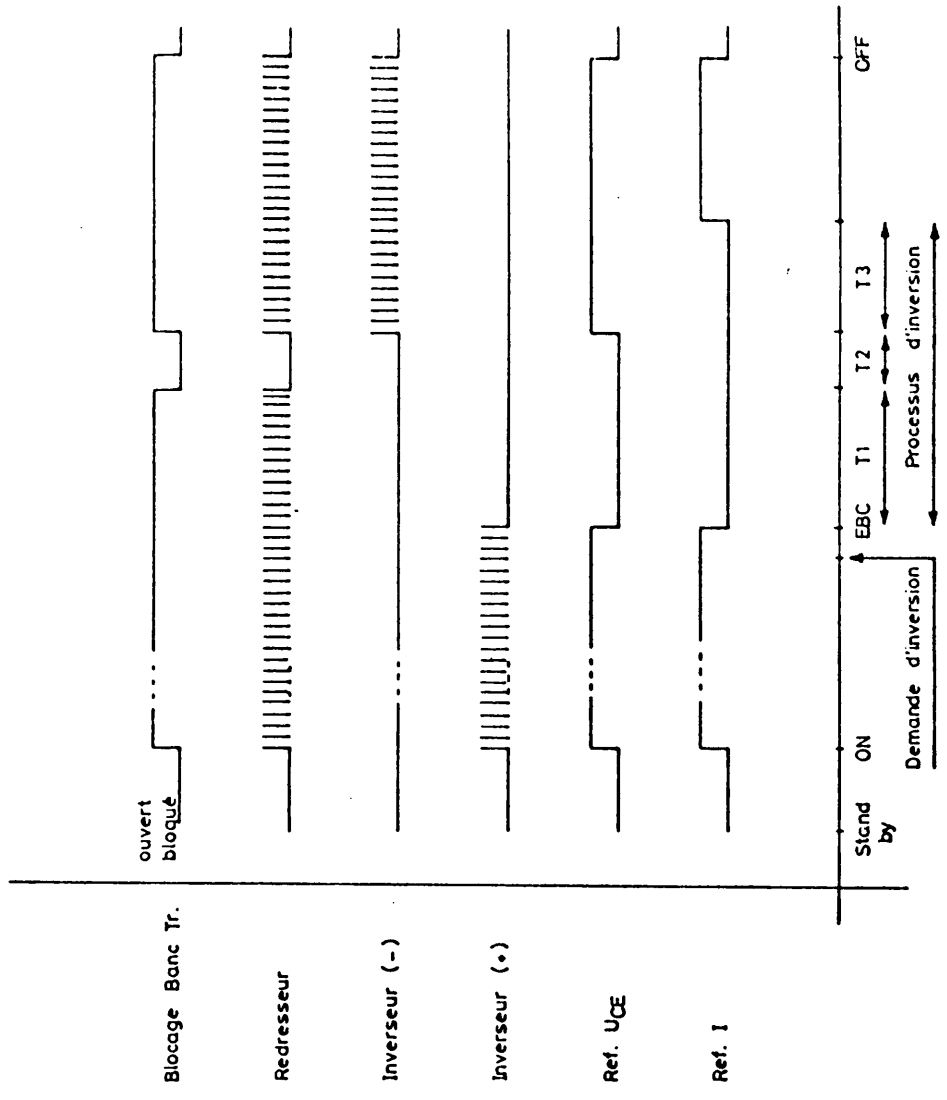


Fig.8 Séquences d'inversion.

Alimentations ∫ Bdl & ΔG.	ÉCHELLE SCALE	DATE 1-10-1978	Version
	CONTRÔLE REMPLACEMENT REMPLACEMENT PAR RÉDUCTION		
ORGANISATION EUROPÉENNE POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH CERN-DIV. 1		PS/BR 611.000.1054 TEL: (022) 83 81 11 TELEF: GENEVE 7 36 94	

INDEXE	DATE	NOM	ZONE	MODIFICATION

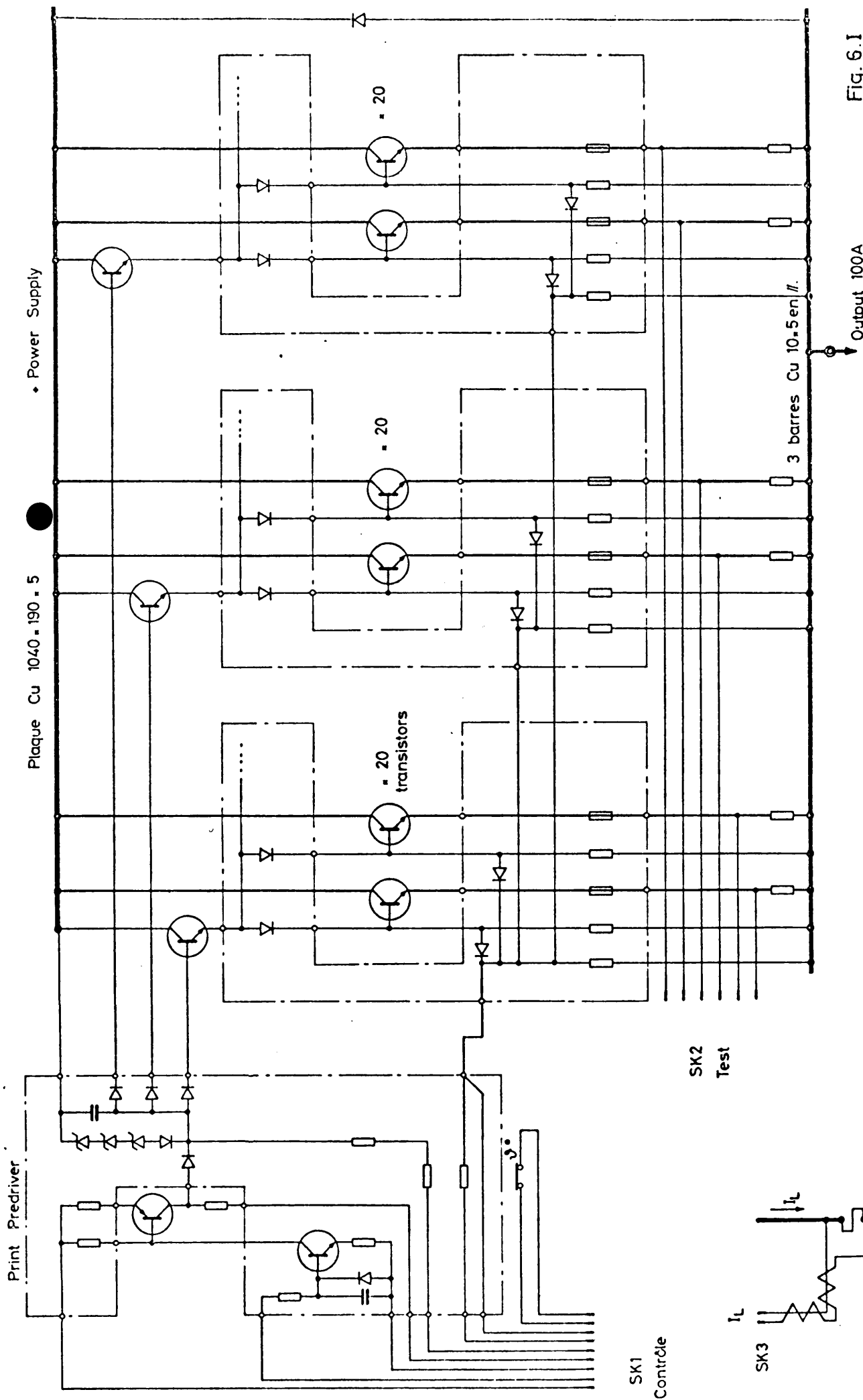
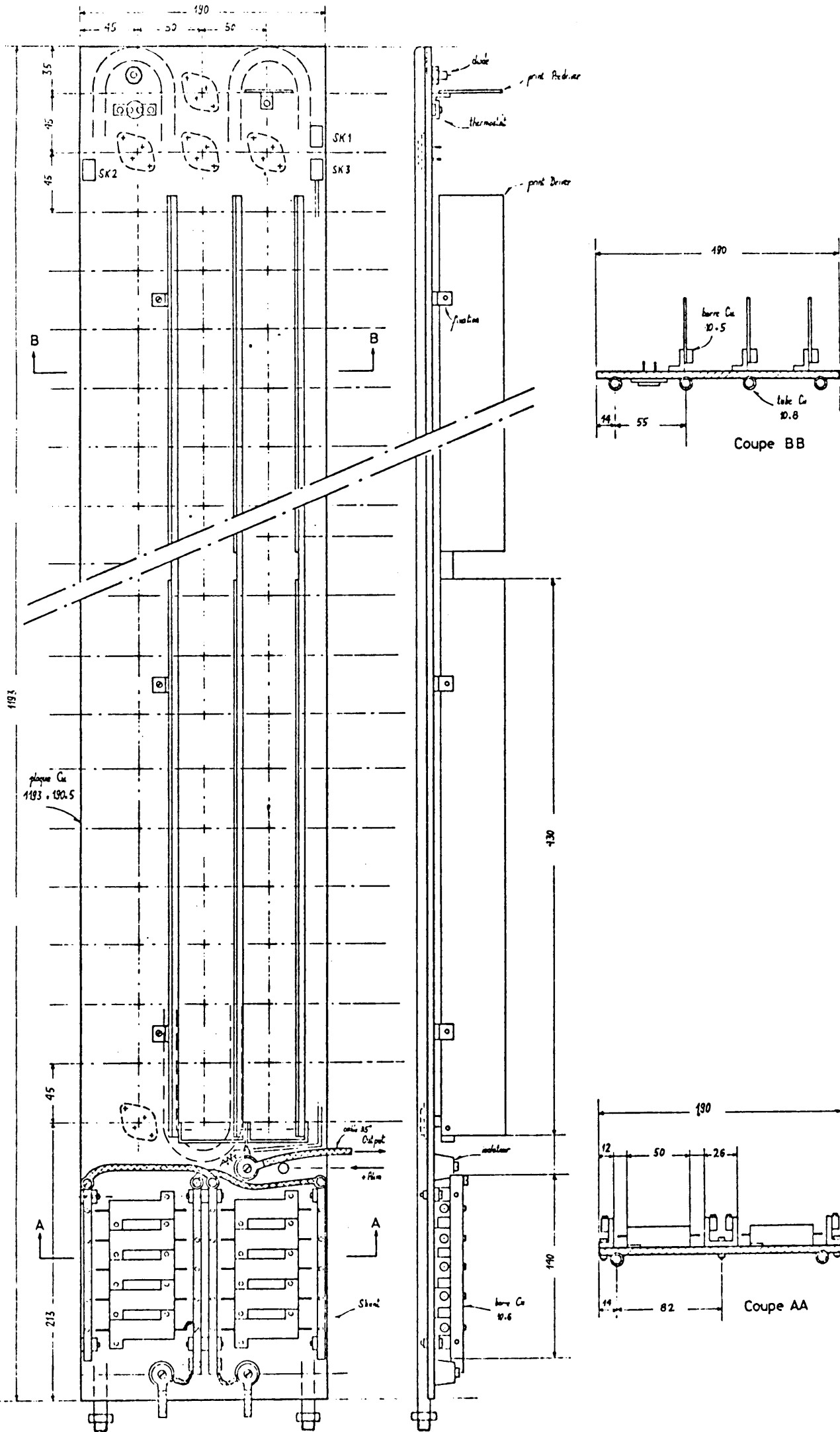


Fig. 6.1

Alimentations ∫ Bdl & ΔQ Banc à transistors - Schéma. Version 1	DESSINE - 12.9.1978 VICTOR
	ESCRISSE - SCALE CONTROLE REMPLACE REMPLACE PAR REDUCTION
<small>ORGANISATION EUROPEENNE POUR LA RECHERCHE NUCLEAIRE EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH</small>	
CERN - DIV:	

PS/BR 611.000.1055

This drawing may not be used for commercial purposes without written authorization

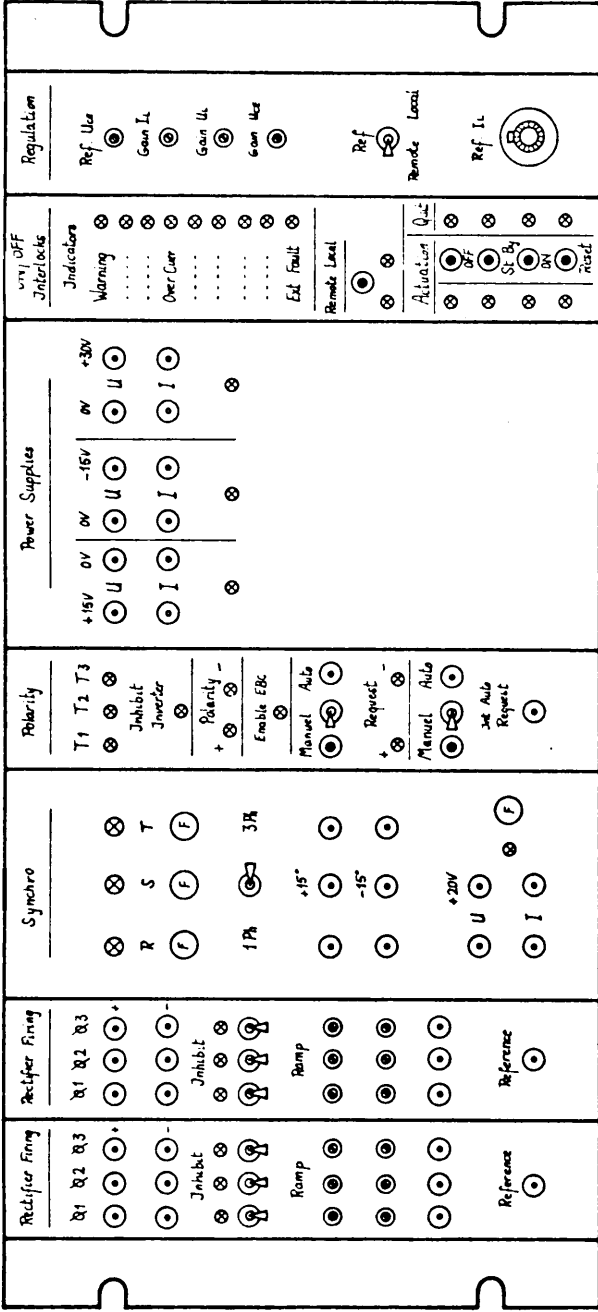


DESIGN	28.9.78	REVISE	
SCALE	1:2	REPLACE PAR	
Alimentations \int Bdl & ΔQ		REDUCTION	
Banc à transistors - Implantation - Shunt - Version 1.			
<small> INFORMATION: L'UNION EUROPEENNE DES NUCLEAIRES ET LA COMMISSION EUROPEENNE DES COMMUNAUTES ECONOMIQUES CERN - DIV. </small>			PS/BR 611.000.8055

Fig. 6. II

DATE	FILE	MODIFICATION

Face Avant



Face Arrière

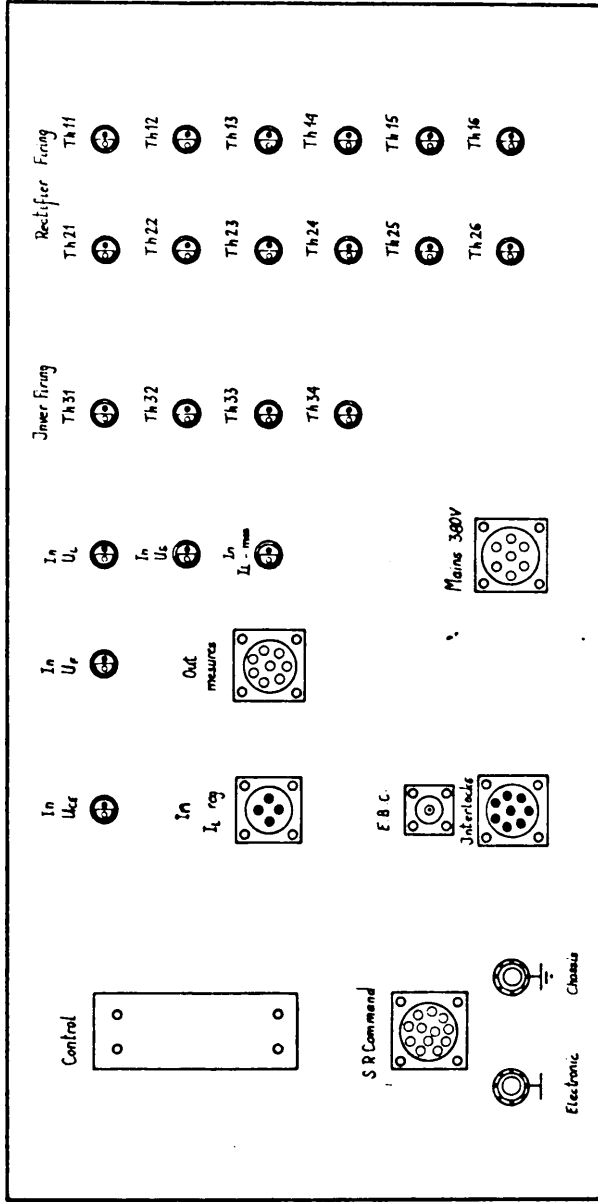


Fig. 7

Echelle SCALE 1:2	DESSINE 3.10.1978	Matkovic
	CONTROLE	REPLACE PAR REDUCTION

Alimentations \int Bdl & Δ a
Chassis électronique 19"

UNIONISATION EUROPEENNE POUR LA RECHERCHE NUCLEAIRE
EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH
CEPN-DIV

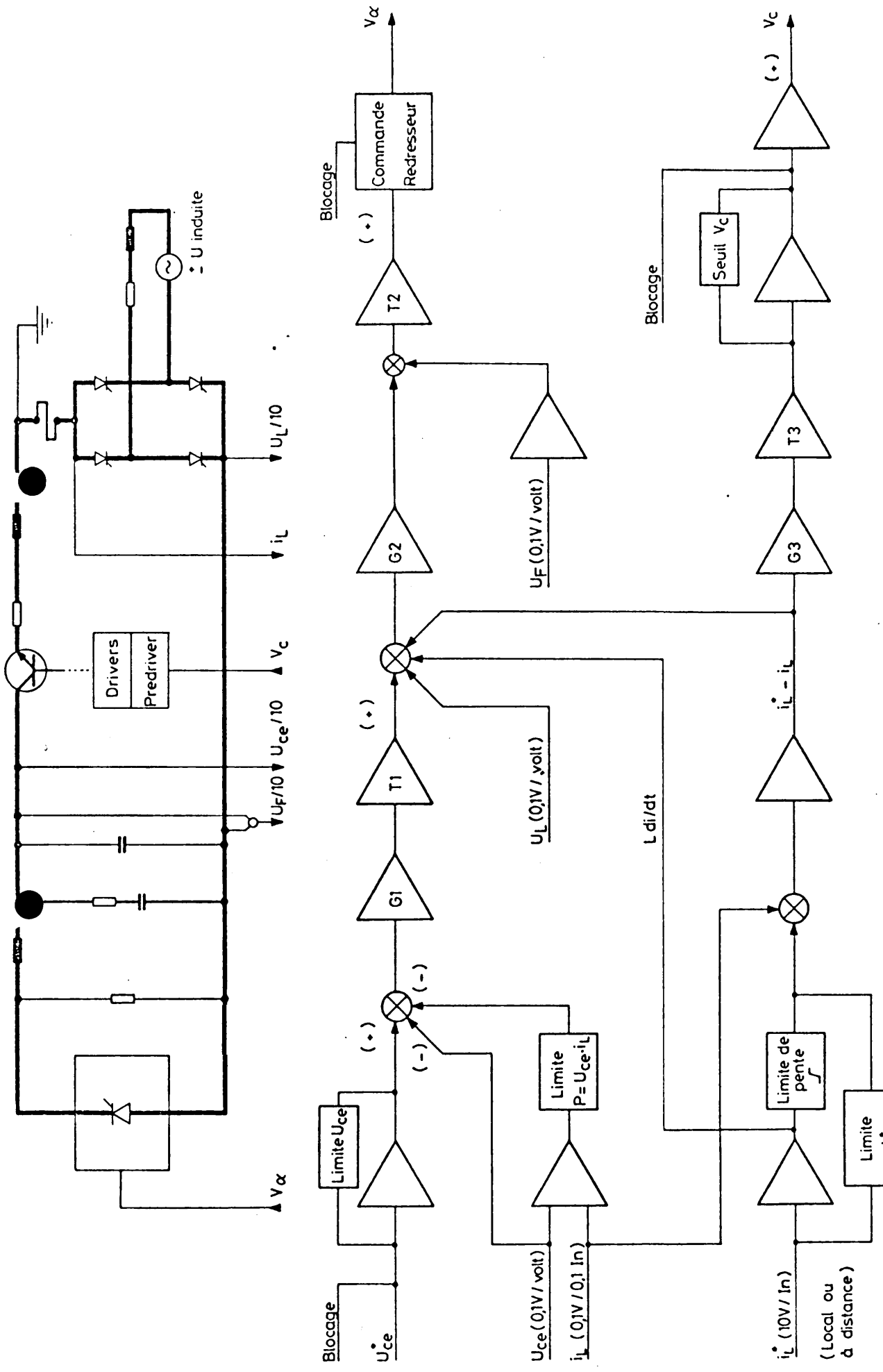


Fig. 9

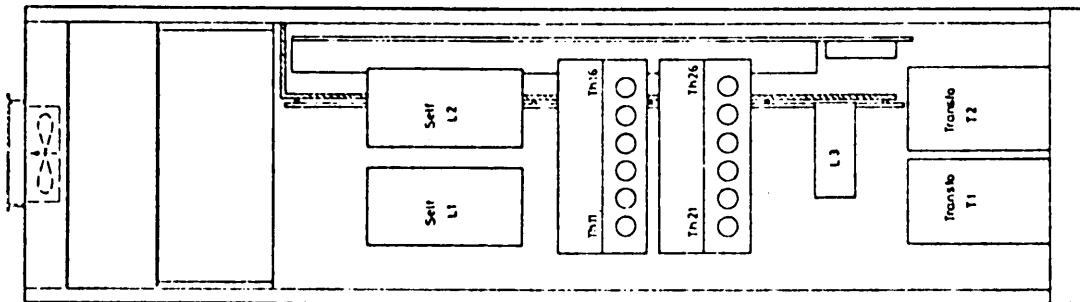
$\int Bdl : I_n = 50 \text{ Amp}$
 $\Delta Q : I_n = 100 \text{ Amp}$

i_L
 U_{ce} } Références

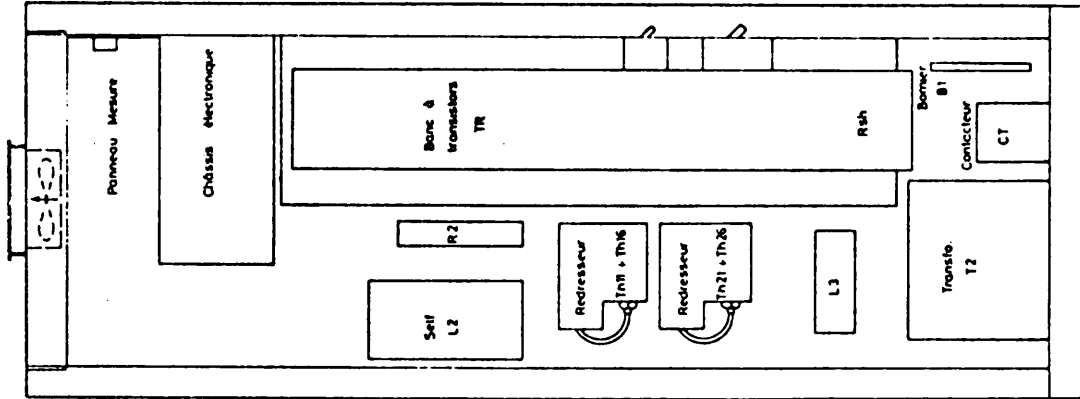
Alimentations $\int Bdl$ & ΔQ Schéma - bloc, Régulation.	DESSEIN	14.9.1378	Victorik
	SCALE		
ORGANISATION EUROPEENNE POUR LA RECHERCHE NUCLEAIRE EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH CERN - DIV.	REPLACE PAR		
	REDUCTION		
	PS/BR	611.000.1053	

ZONE
 MODIFICATION

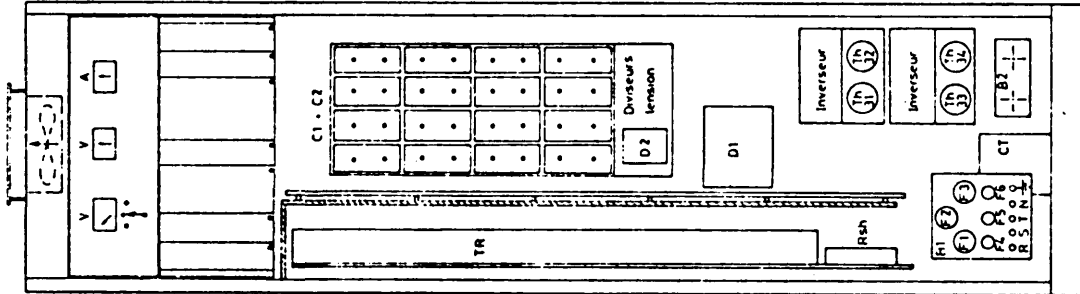
Vue Arrière



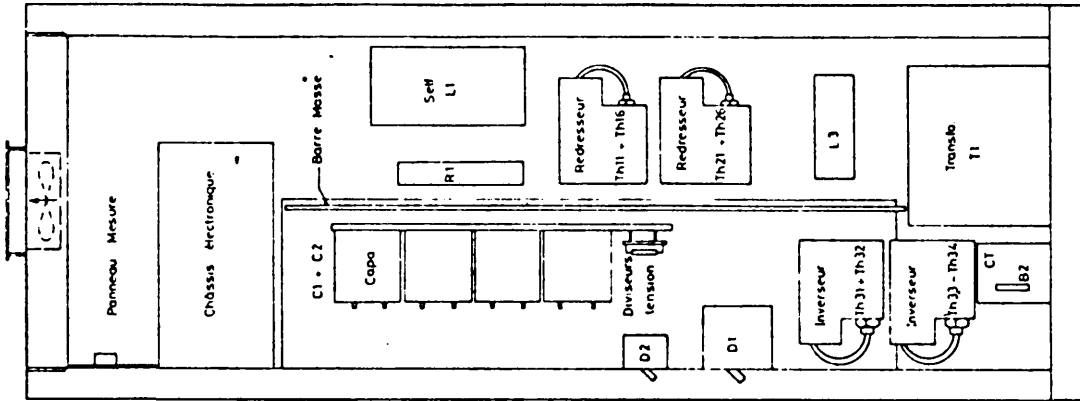
Vue B



Vue Avant



Vue A



Vue Avant

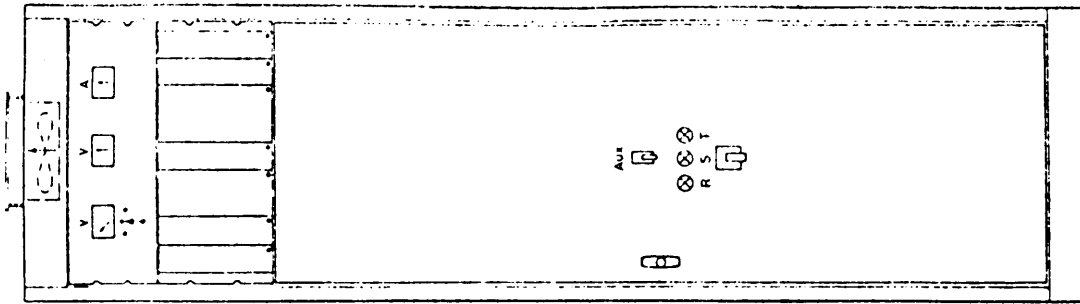


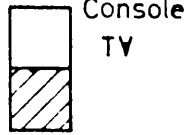
Fig. 10

Alimentations \sqrt{BdI} & ΔQ
 Armoire - Disposition des éléments

ÉTAT	DATE	DESIGNATION
1:75	PS/BR 611.000.8051	PROJETEUR

Modifications:.....

- 360
- 361
- 362
- 363
- 364
- 365
- 366
- 367
- 368
- 369
- 370
- 371
- 372
- 373
- 374
- 375



- 467
 - 468
 - 469
 - 470
 - 471
 - 472
- } Bdl



ΔQ

- 567
- 568
- 569
- 570
- 571
- 572
- 573
- 574
- 575

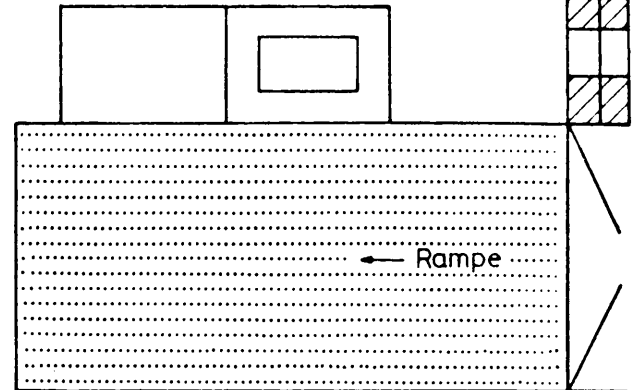
- 578
- 579
- 580
- 581
- 582
- 583
- 584
- 585
- 586
- 587
- 588

- 677
- 678
- 679
- 680
- 681
- 682
- 683
- 684
- 685
- 686
- 687
- 688

Local BCER

Kickers injection

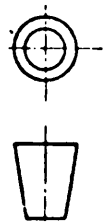
- 474
- 475
- 476
- 477
- 478
- 479
- 480
- 481
- 482
- 483
- 484
- 485
- 486
- 487
- 488



Local entretien

Fig. 11

Ce dessin ne peut être utilisé à des fins commerciales sans autorisation écrite.
 This drawing may not be used for commercial purposes without written authorisation.



First angle projection
 Projection européenne

Ensemble Assembly	S/ensemble S/assembly	Echelle Scale	Nom-Name		Date	Issue
			Dessiné Vickovic	Contrôlé	5.10.78	
Alimentations \sqrt{Bdl} & ΔQ Disposition des armoires.						A
						B
						C

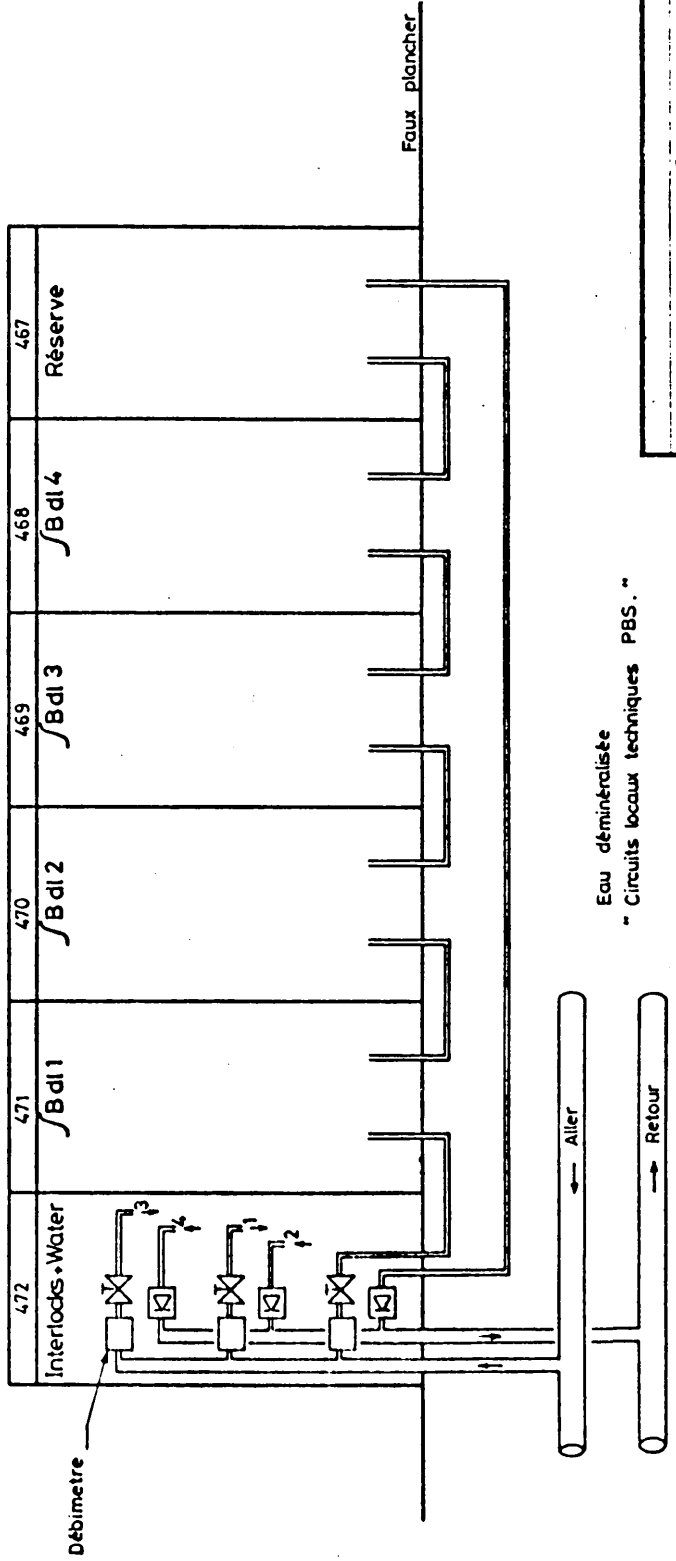
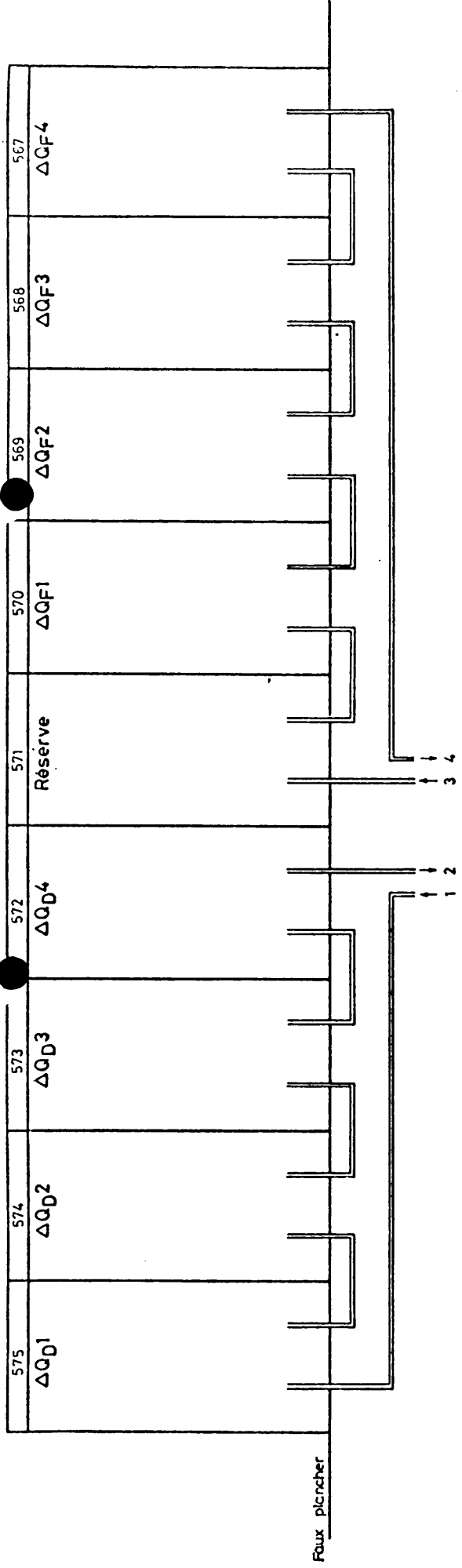


Fig. 12

ESCALE SCALE	DESSINÉ	5 10 1978	VICKOVIC
	CONTROLÉ		
Alimentations $\int Bdl$ & ΔQ .		REPLACE	
Circuits de refroidissement.		REPLACE PAR	
		REDUCTION	
ORGANISATION EUROPEENNE POUR LA RECHERCHE NUCLEAIRE EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH CERN-DIV.		TEL. (022) 03 91 11 TELEX GENEVE 23 86	
		PS/BR 611.000.8054	

INDICE	DATE	NOM	ZONE	MODIFICATION