

# **ANNEXE N°1**

## **Méthode TAGUCHI**

# METHODE TAGUCHI

Exemple d'application ( on recherche une valeur minimale pour la réponse).

## 1 - Niveau des facteurs sélectionnés (A ,B, C, E)

Les quatre facteurs sélectionnés seront testés aux niveaux de la figure 1

FACTEURS NIVEAUX	A	B	C	E
NIVEAU 1	54	3	1	52
NIVEAU 2	90	6	2	63

fig 1

## 2 - Tableau des combinaisons retenues des interactions effectuées et des réponses obtenues

On a utilisé une table L8 (  $2^7$  )

- Le facteur C est placé en colonne 1
- Le facteur B est placé en colonne 2
- Le facteur A est placé en colonne 4
- Le facteur E est placé en colonne 7
- la colonne 3 est réservée à l'interaction CB
- la colonne 6 est réservée à l'interaction CA

facteurs	C	B	CB	A	CA	E	Réponses
1	10	3	1	54	-	52	4
2	10	3	1	90	-	63	3
3	10	6	2	54	-	63	10
4	10	6	2	90	-	52	4
5	20	3	2	54	-	63	18
6	20	3	2	90	-	52	10
7	20	6	1	54	-	52	12
8	20	6	1	90	-	63	8
$\bar{R} = 8,625$							

fig 2

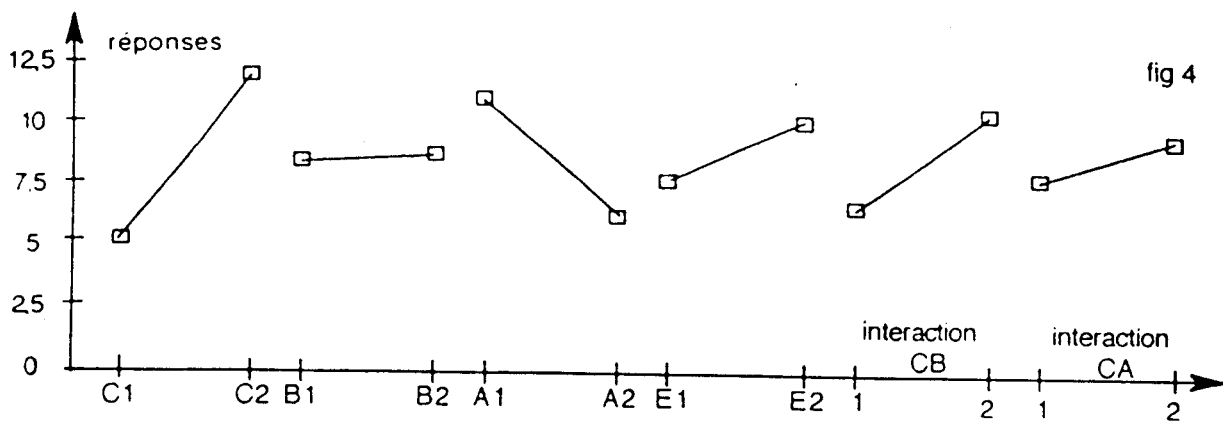
## 3 - Table des réponses

Les résultats sont obtenus à partir des moyennes des réponses pour chaque niveau des facteurs

facteurs	C	B	A	E	CB	CA
niveau 1	5,25	8,75	11	7,5	6,75	8
niveau 2	12	8,5	6,25	9,75	10,5	9,25
ecarts	6,75	0,25	4,75	2,25	3,75	1,25

fig 3

#### 4 - Graphes des effets des facteurs et des interactions



L'observation du graphe des réponses montre que les facteurs C et A ont une influence significative sur la réponse. C1 et A2 fournissent les meilleurs résultats.

Les facteurs B et E semblent n'avoir aucune influence significative.

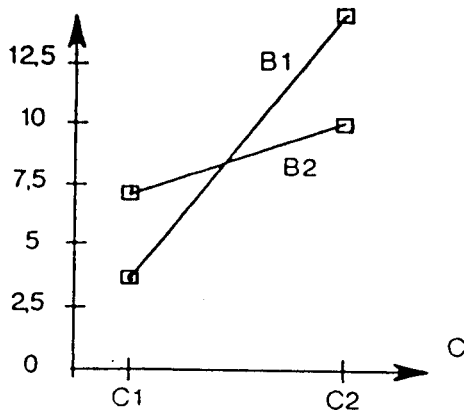
Pour les interactions, nous retiendrons celle de C avec B pour laquelle nous allons déterminer la meilleure combinaison.

table des réponses de l'interaction CB

		C	
		Niv.	
B	1	3,5	14
	2	7	10

fig 5

Graphe des réponses de l'interaction CB



La combinaison C1 B1 fournit une réponse favorable, c'est pourquoi nous retiendrons aussi le facteur B à son niveau 1.

#### 5 - Choix final

Le choix final se porte sur la combinaison des facteurs suivante qui minimise la fonction:

**A2 = 90      B1 = 3      C1 = 10**

E sera fixé en fonction de critères économiques (c'est un facteur de coût)

#### 6 - Réponse moyenne attendue et à vérifier par un essai complémentaire ou en exploitation

Réponse moyenne des 8 essais réalisés =  $69 / 8 = 8,625$

Chaque optimisation d'un facteur apporte une réduction de la réponse qui est fonction de l'influence de ce facteur.

Dans notre cas, on peut écrire:

$$Y = \bar{R} + (\bar{C1} - \bar{R}) + (\bar{A2} - \bar{R}) + (\bar{C1B1} - \bar{R}) - (\bar{C1} - \bar{R}) - (\bar{B1} - \bar{R})$$

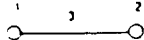
$$Y = 8,625 + (5,25 - 8,625) + (6,25 - 8,625) + (3,5 - 8,625) - (5,25 - 8,625) - (8,75 - 8,625) = 1,125$$

# Quelques exemples de matrices orthogonales Taguchi

L<sub>4</sub>(2<sup>3</sup>)

Col N°	1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

graphe interactif pour L<sub>4</sub>



L<sub>4</sub>(2<sup>3</sup>) signifie que la table comporte 4 lignes et le nombre de colonnes est de 3 et que chaque facteur est à 2 niveaux (8 combinaisons)

Le graphe interactif nous indique que la colonne 3 est le siège de l'interaction entre les facteurs placés dans les colonnes 1 et 2

fig 1

fig 2

Table L<sub>8</sub>(2<sup>7</sup>)

Col N°	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

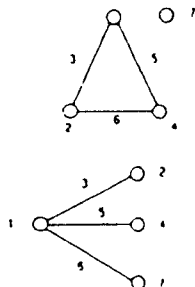


fig 3

Table L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)

Col N°	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Les tables à 3 niveaux permettent de détecter la non linéarité de certains facteurs

Table L<sub>16</sub>(2<sup>15</sup>)

Col N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	2	1	2	1	2	1	2
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1

interactions entre deux colonnes de la table L<sub>16</sub>

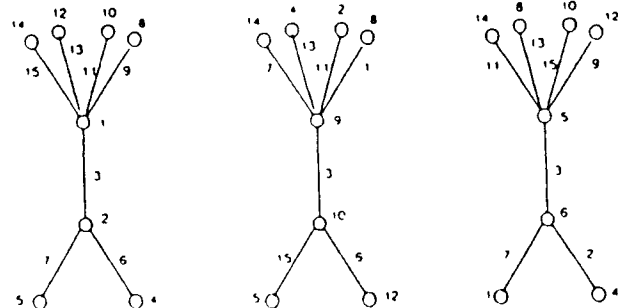
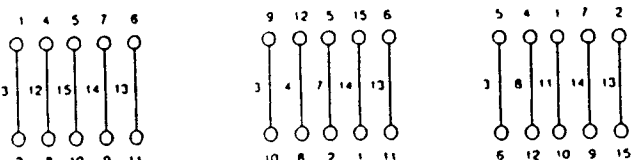
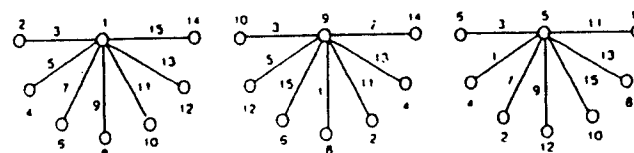
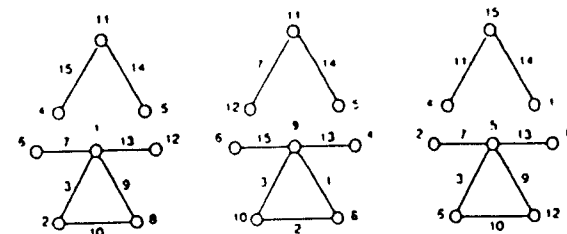
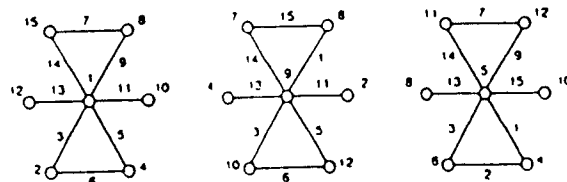
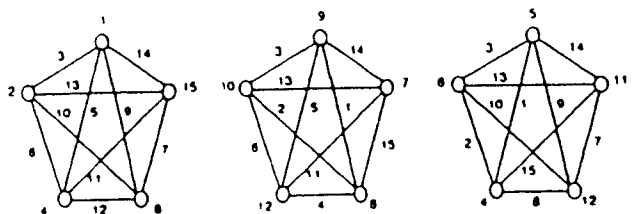
fig 5

Col N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
(1)	1	3	2	5	4	7	6	8	9	11	10	13	12	15	14
(2)	1	5	7	4	6	8	11	9	10	12	13	14	15	3	2
(3)	1	6	8	5	4	11	10	9	12	13	14	15	3	2	7
(4)	1	7	9	6	5	12	11	10	13	14	15	3	2	8	4
(5)	1	8	10	7	6	13	12	11	14	15	3	2	9	5	1
(6)	1	9	11	8	7	14	13	12	15	3	2	10	6	1	4
(7)	1	10	12	9	8	15	14	13	3	2	11	7	5	1	6
(8)	1	11	13	10	9	3	2	1	12	14	15	6	4	7	5
(9)	1	12	14	11	10	3	2	1	13	15	4	7	5	6	8
(10)	1	13	15	12	11	4	7	6	1	3	2	8	5	9	10
(11)	1	14	3	13	12	5	8	7	6	1	3	9	10	11	12
(12)	1	15	4	14	13	6	9	8	7	6	1	10	11	12	13
(13)	1	3	5	7	6	8	11	10	12	13	14	1	15	4	2
(14)	1	4	6	8	7	9	12	11	13	14	15	2	1	3	5
(15)	1	5	7	9	8	10	13	12	14	15	3	4	6	1	2

Les interactions se produisent dans les colonnes situées à l'intersection des numéros de colonnes indiquées en haut et entre parenthèses. Exemple: la colonne 5 est le siège de l'interaction entre les facteurs placés dans les colonnes 4 et 1

fig 6

Quelques graphes linéaires pour la table L<sub>16</sub>



## BIBLIOGRAPHIE EN FRANÇAIS

- PILLET Maurice  
Introduction aux plans d'expériences par la méthode Taguchi  
Les Editions d'Organisation, 1992
- SERGENT Michelle, MATHIEU Didier et PHAN-TAN-LUU Roger  
Méthodologie de la Recherche Expérimentale  
LPRAI Marseille, 1989
- VIGIER Michel G.  
Pratique des Plans d'Expériences. Méthodologie Taguchi.  
Les Editions d'Organisation, 1988
- Gestion de la qualité. Méthodologie Taguchi  
Revue de Statistique Appliquée, 1989, Vol XXXVII N°2  
CERESTA, 10 rue Bertin Poirée, 75001 Paris

# ANNEXE N°2

## Exemple d'application en Génie Electrique

### Essais et Résultats

# ***Essais pour le réglage du comportement de l'axe Z en levage***

## ***Constantes :***

- masse embarquée*** ***10 Kg***
- Sens*** ***montée***

## ***Variables de réglage :***

- courant max moteur*** ***I max***
- accélération*** ***Acc***
- vitesse palier*** ***V max***
- distance de ralentissement*** ***K4***
- gain proportionnel et intégral*** ***Gain***

Essais	A		B		A-B		C	A-C		C-B		D
	Imax	A1	Imax	B1	A-B	B1		Vmax	A-C	C-B	C-B	
N°1	1	6	1	70	1	1	1	600	1	12	1	8
N°2	1	6	1	70	1	1	2	900	2	24	2	20
N°3	1	6	2	140	2	2	1	600	1	12	2	20
N°4	1	6	2	140	2	2	2	900	2	24	1	8
N°5	2	8	1	70	2	2	1	600	2	24	1	8
N°6	2	8	1	70	2	2	2	900	1	12	2	20
N°7	2	8	2	140	1	1	1	600	2	24	2	20
N°8	2	8	2	140	1	1	2	900	1	12	1	8

Etude du trainage

Et	Imax	Acc.	0	Vmax	K4	Gain	0
N1	1,025	0	0	0,4	0,4	0,625	0,625
N2	0	1,025	1,025	0,625	0,625	0,4	0,4

Etude du dépassement de vitesse palier

Ed	Imax	Acc.	0	Vmax	K4	Gain	0
N1	0,0625	0,0175	0,0125	0,05	0,055	0	0,005
N2	0,005	0,05	0,055	0,0125	0,0125	0,0675	0,0625

Etude de la mise en position

Ee	Imax	Acc.	0	Vmax	K4	Gain	0
N1	0,15	0,45	0,325	0,15	0,775	0,325	0,45
N2	0,625	0,325	0,45	0,625	0	0,45	0,45

Etude du temps de transit entre la position 1 et la position 2

T	Imax	Acc.	0	Vmax	K4	Gain	0
N1	2,305	2,405	2,32	2,7175	2,3575	2,337	2,392
N2	2,43	2,33	2,415	2,0175	2,3775	2,397	2,342

Interaction AB ( Imax et Acc)

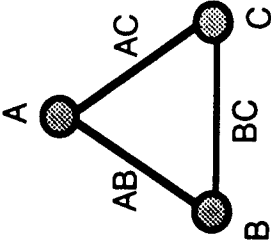
Et	A1		A2		Ed		Ee		A1		A2		T		A1		A2	
	B1	0	0	0	B1	0,025	0,01	0	B1	0,15	0,75	0	B1	2,295	B2	2,315	2,5	2,3
	B2	2,05	0	0	B2	0,1	0	0	B2	0,15	0,5	0,5	B2	2,397				

Interaction AC

Et	A1		A2		Ed		Ee		A1		A2		T		A1		A2	
	C1	0,8	0	0	C1	0,1	0	0	C1	0,3	0	0	C1	2,645	C2	1,965	2,0	2,7
	C2	1,25	0	0	C2	0,025	0,01	0	C2	0	1,2	1,2	C2	1,965				

Et	Ed		Ee		T	
	1	2	3	4	3	4
0	0	0	0	0,3	2,63	2,63
0	0	0,05	0	0	1,96	1,96
1,6	0,2	0,2	0,3	2,66	2,66	2,66
2,5	0	0	0	1,97	1,97	1,97
0	0	0	0	0	2,82	2,82
0	0,02	1,5	2,21	2,21	2,21	2,21
0	0	0	0	0	2,76	2,76
0	0	0	0	1	1,93	1,93
0,5125	0,03375	0,3875	2,367	2,367	2,367	2,367

GRAPHE L8 de TAGUCHI

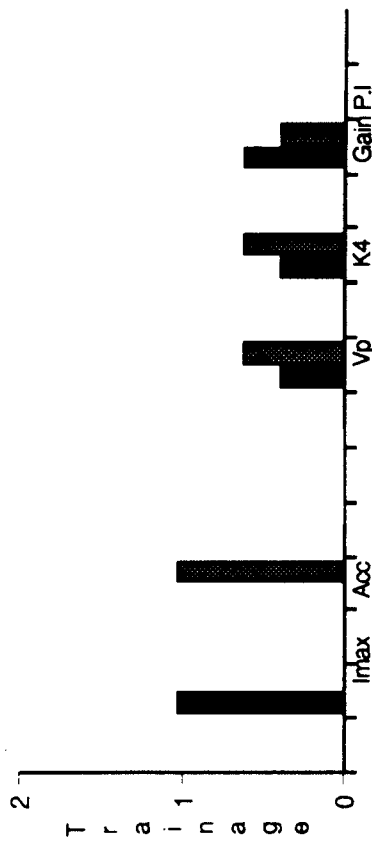


AFFECTATION DES VARIABLES

A	---	Imax
B	---	Acc.
AB	---	0
C	---	Vmax
AC	---	K4
BC	---	Gain
D	---	0

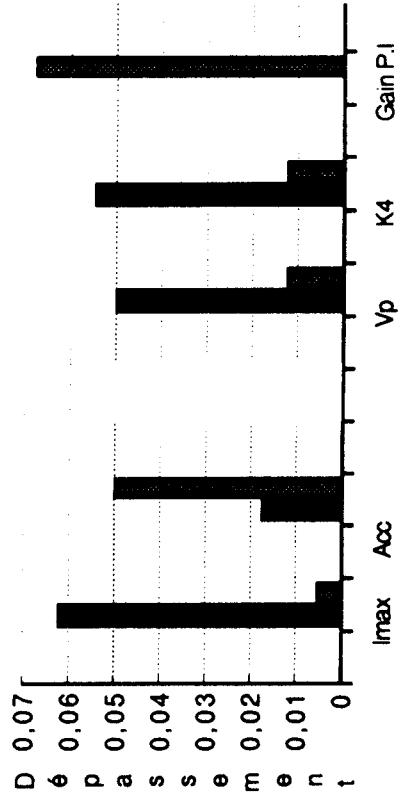


1



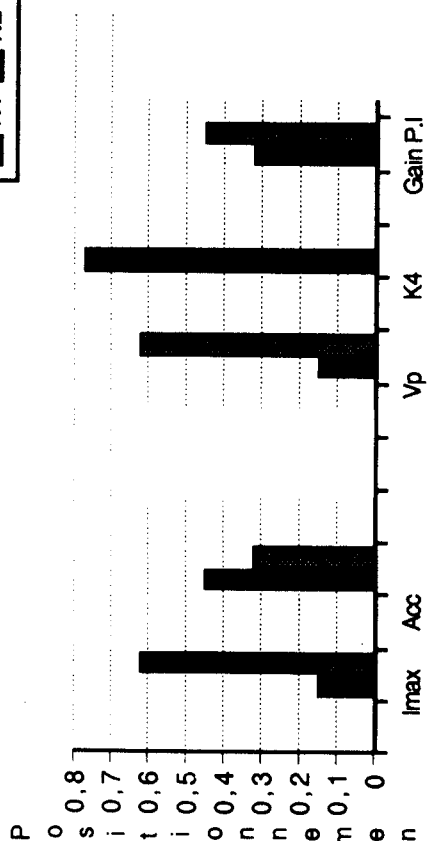
N1 N2

2



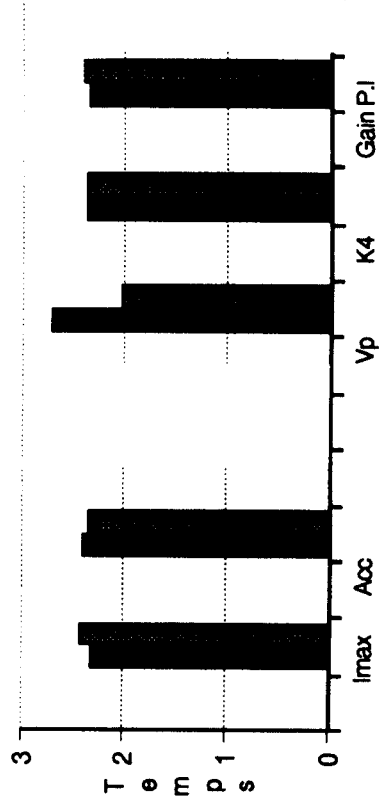
N1 N2

3



N1 N2

4

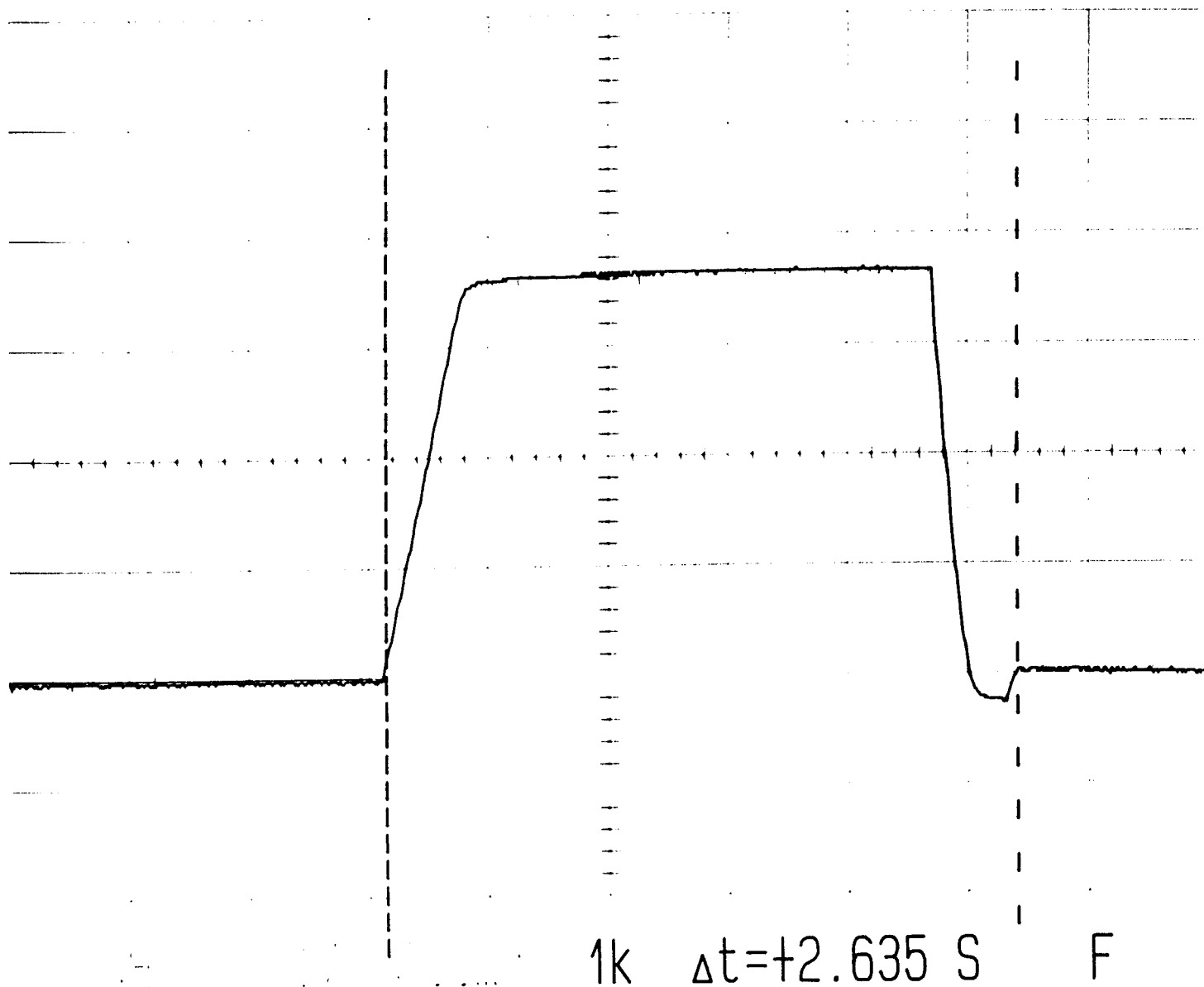


N1 N2

Influence des facteurs sur le comportement de l'axe "Z" en levage

# AXE "Z" (Levage) - Mouvement de Montée - ESSAI N°1

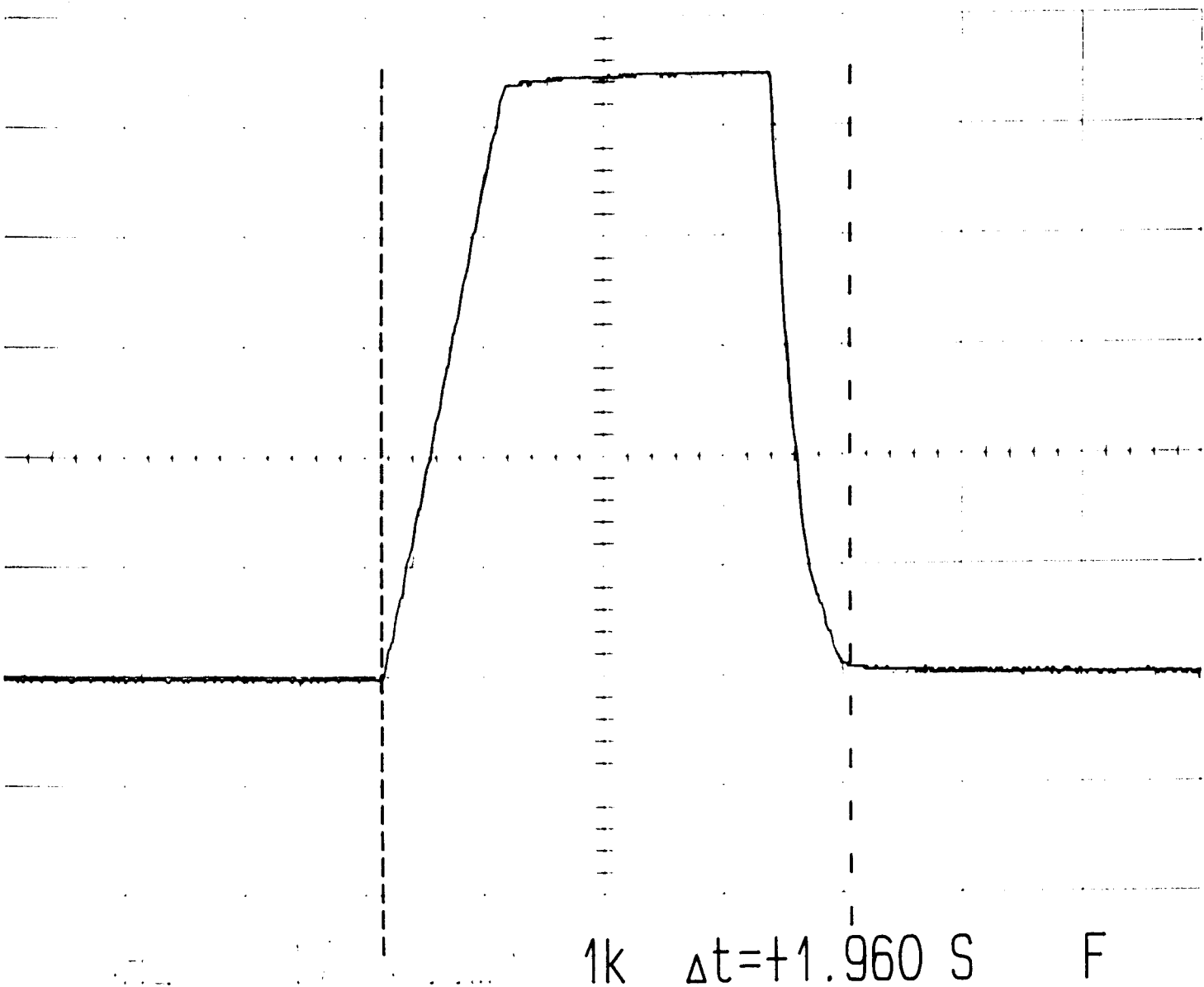
CH1 >1V 500ms C2 T=0k 0460 \*1000



OX7520 ITT Instruments

# AXE "Z" (Levage) - Mouvement de Montée - ESSAI N°2

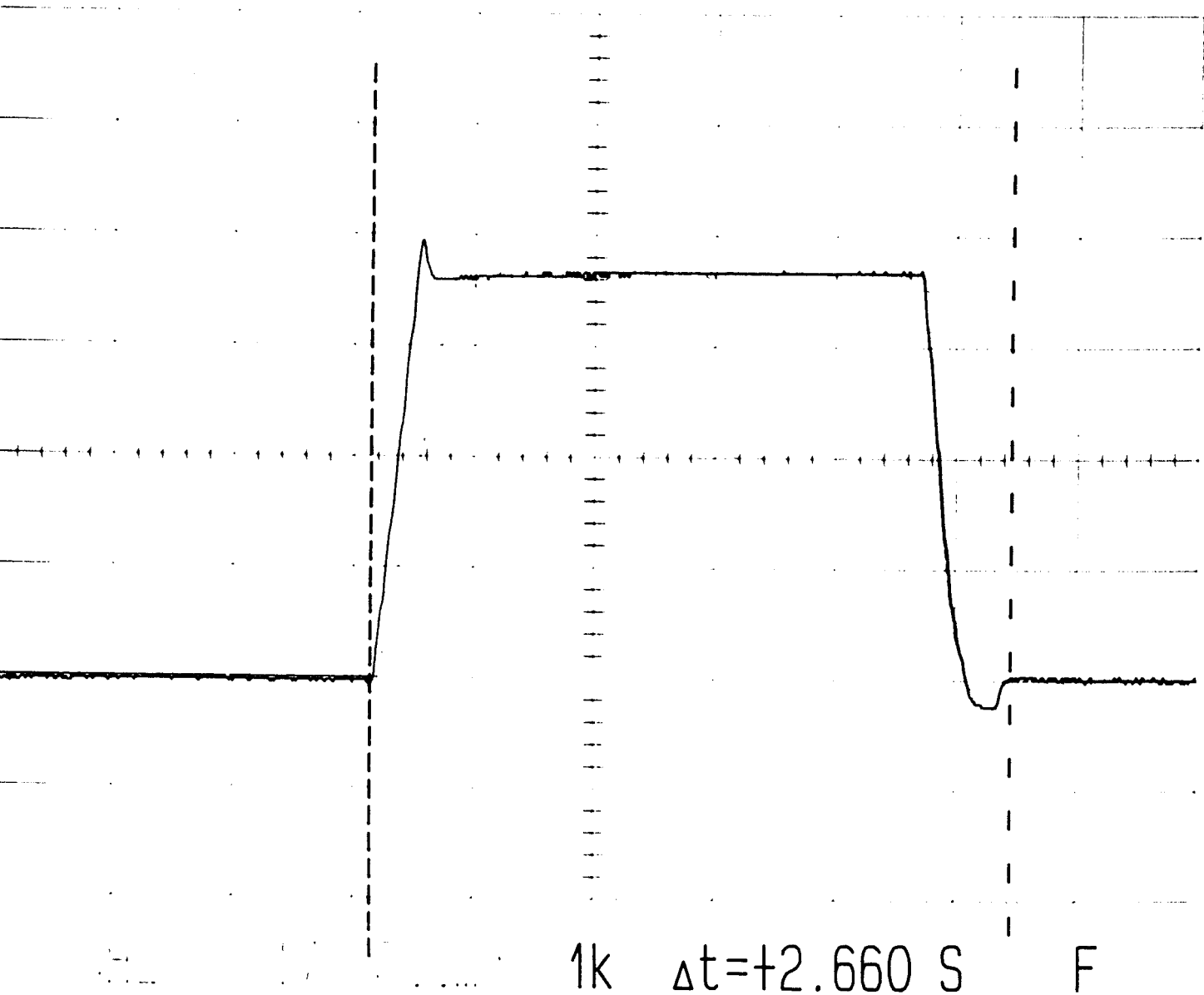
CH1 >1V 500ms C2 T=0k 0273 \*1000



OX7520 ITT Instruments

# AXE "Z" (Leverage) - Mouvement de Montée - ESSAI N°3

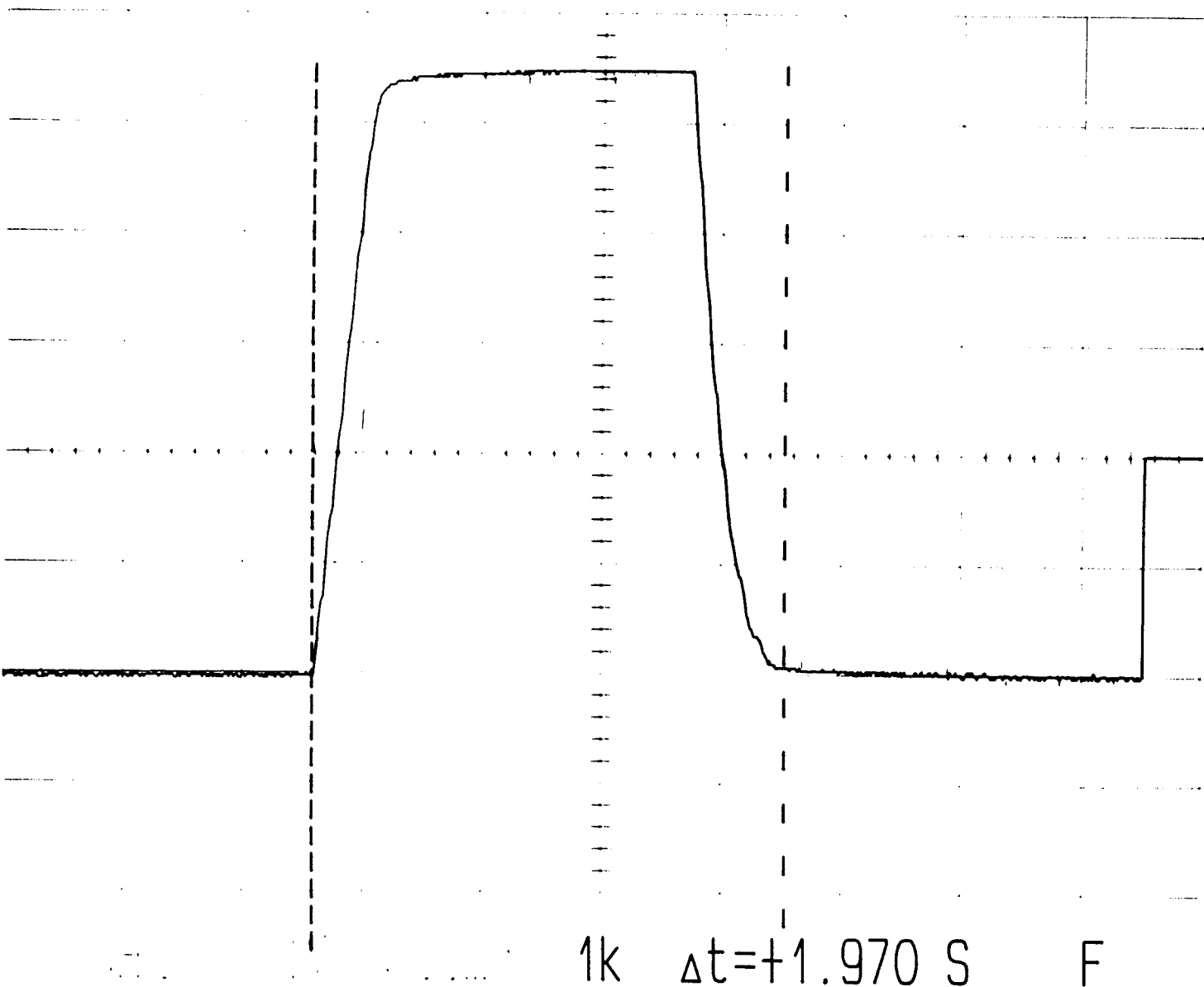
CH1 >1V 500ms C2 T=0k 0136 \*1000



0X7520 ITT Instruments

# AXE "Z" (Levage) - Mouvement de Montée - ESSAI N°4

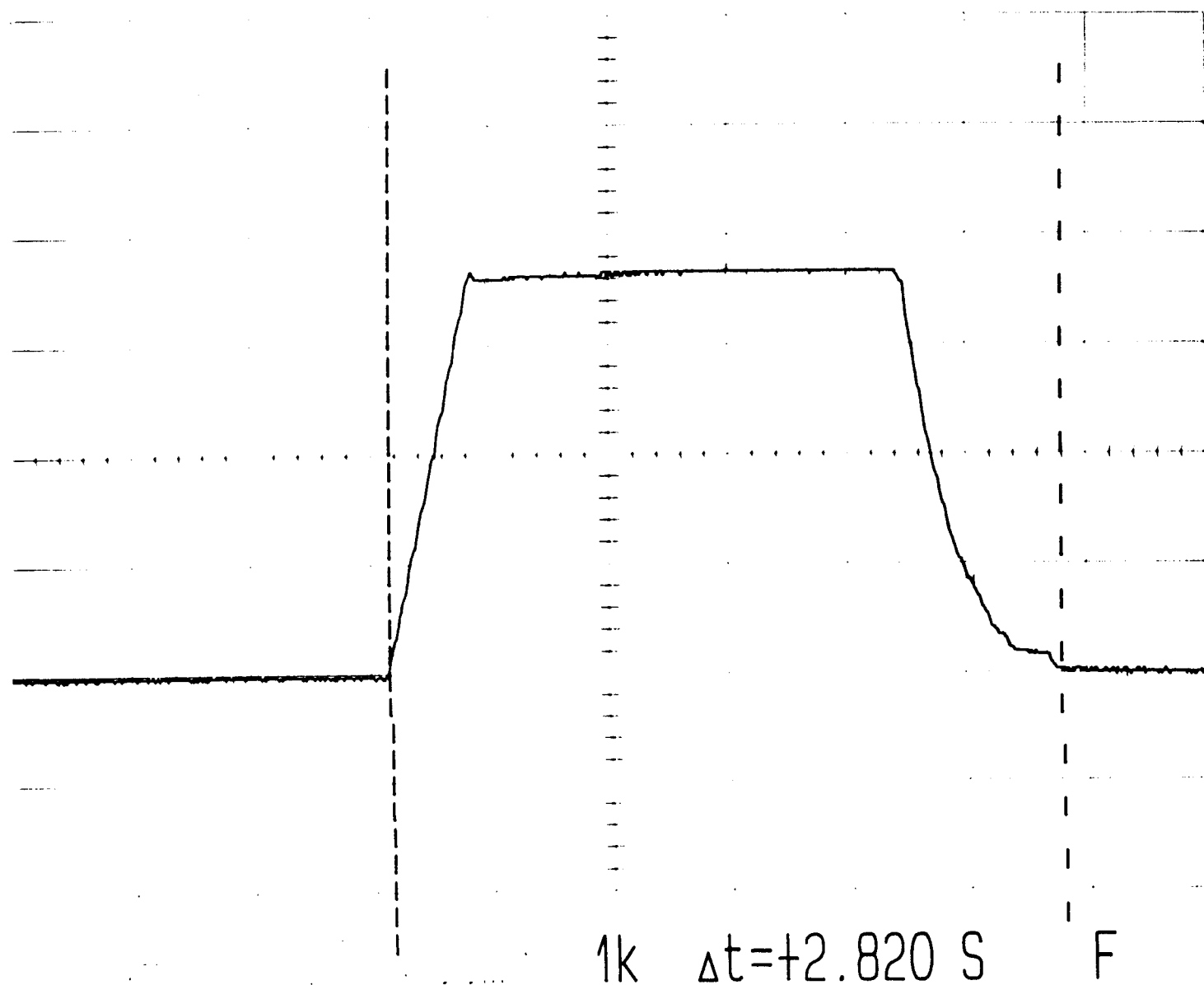
CH1 >1V 500ms C2 T=0k 0000 \*1000



OX7520 ITT Instruments

# AXE "Z" (Levage) - Mouvement de Montée - ESSAI N°5

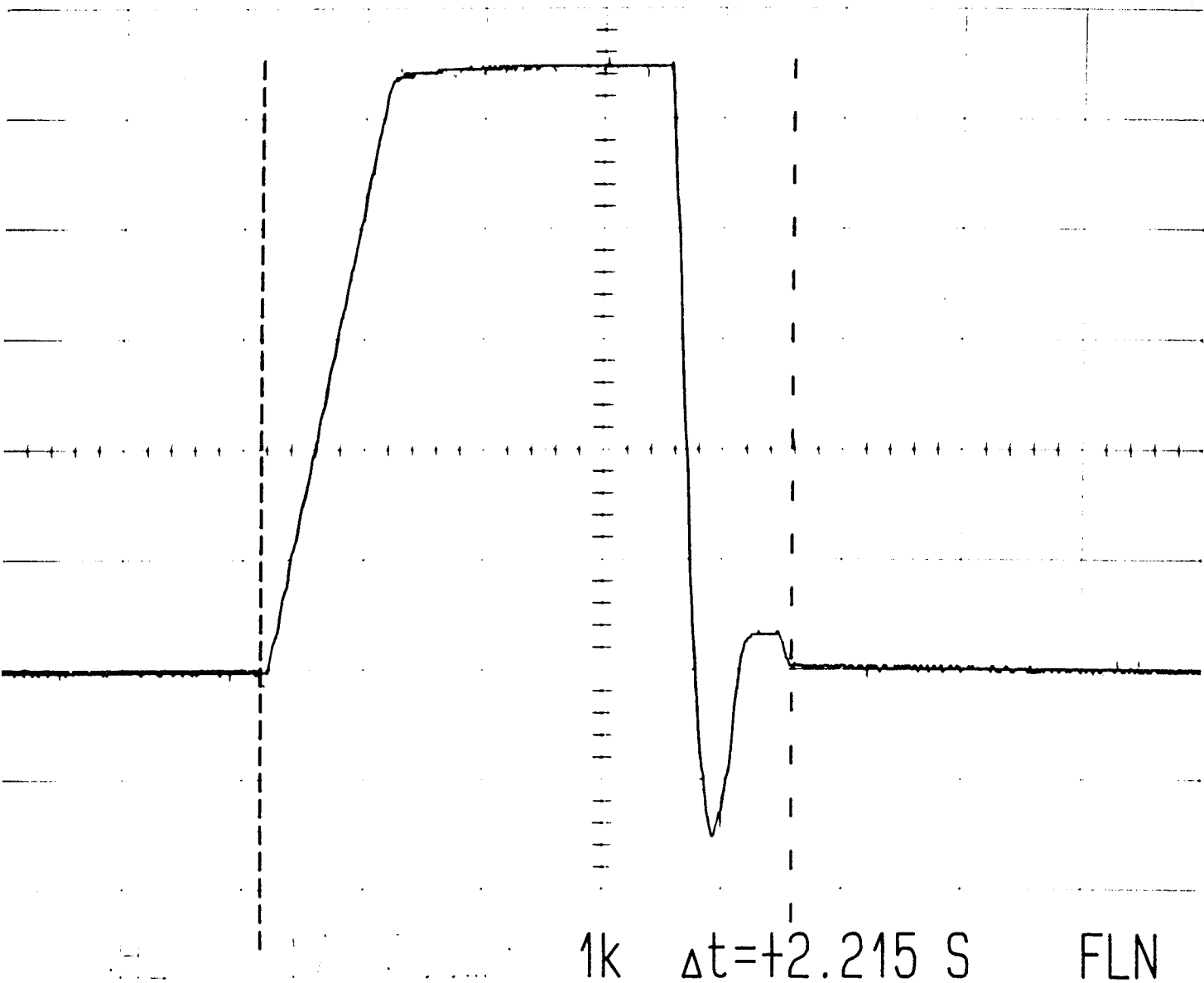
CH1 >1V 500ms C2 T=0k 0142 \*1000



OX7520 ITT Instruments

AXE "Z" (Leverage) - Mouvement de Montée - ESSAI N°6

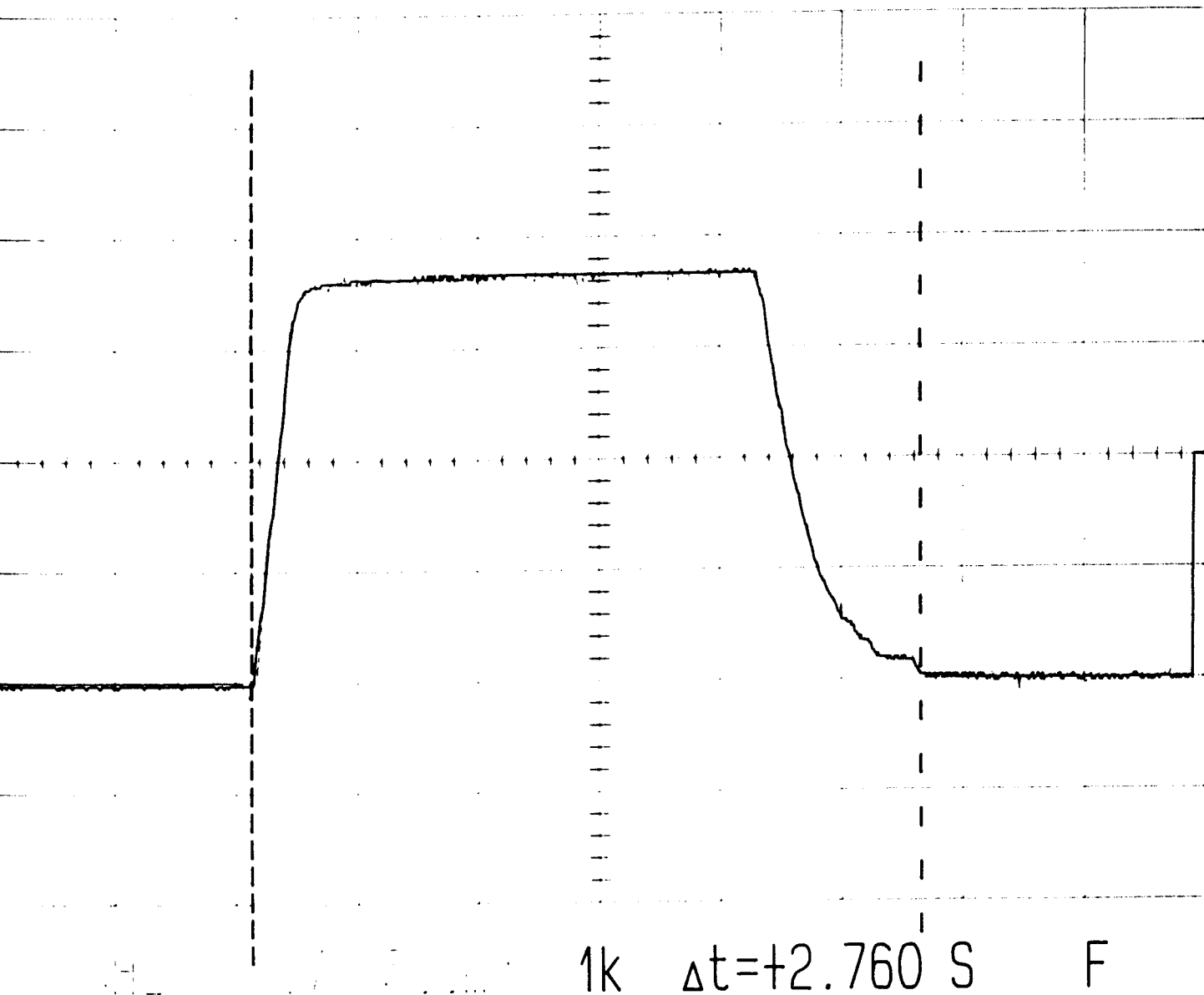
CH1 >1V 500ms C2 T=0k 0136 \*1000



OX7520 ITT Instruments

# AXE "Z" (Levage) - Mouvement de Montée - ESSAI N°7

CH1 >1V 500ms C2 T=0k 1058 \*1000

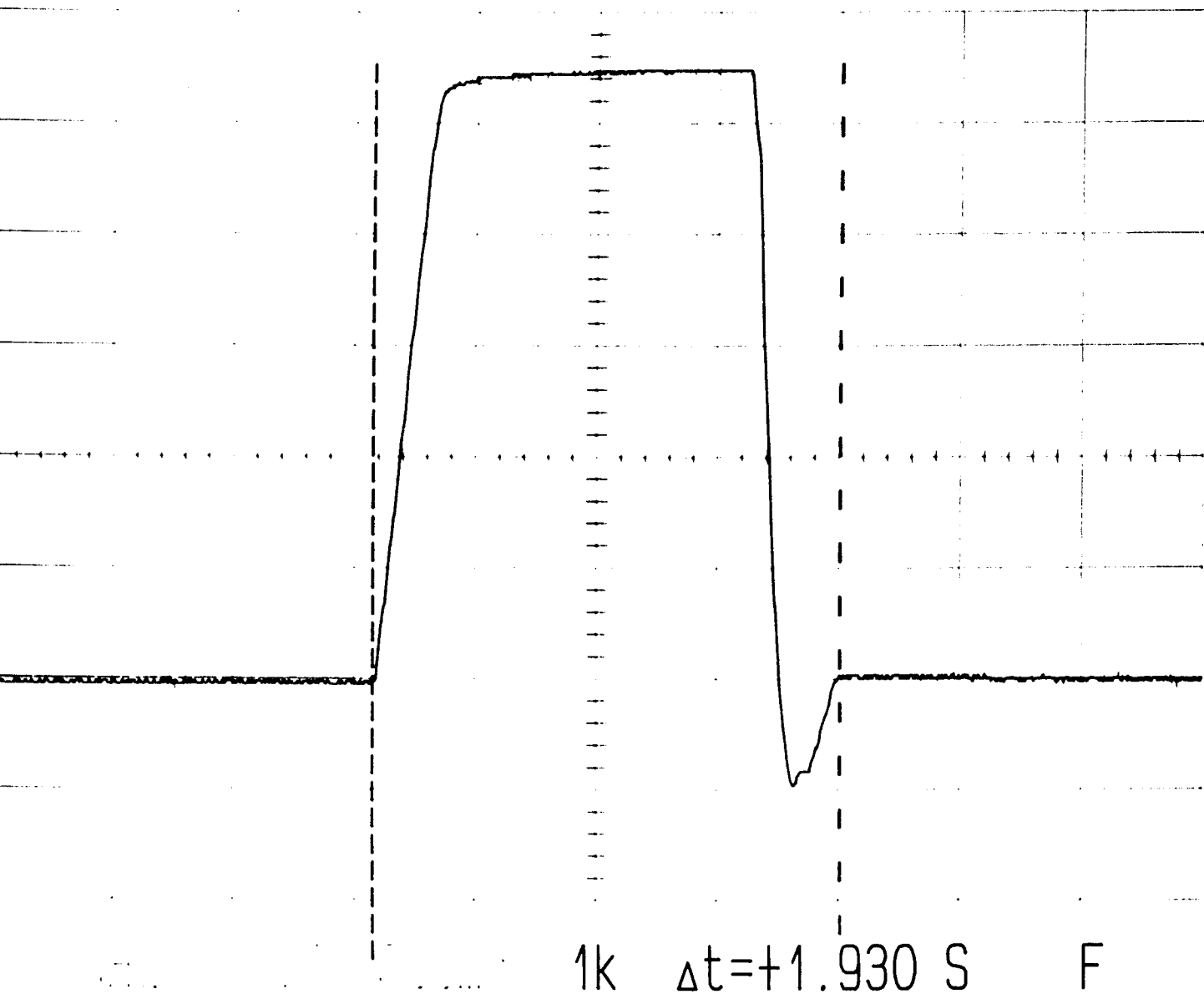


OX7520 ITT Instruments



# AXE "Z" (Levage) - Mouvement de Montée - ESSAI N°8

CH1 >1V 500ms C2 T=0k 0106 \*1000

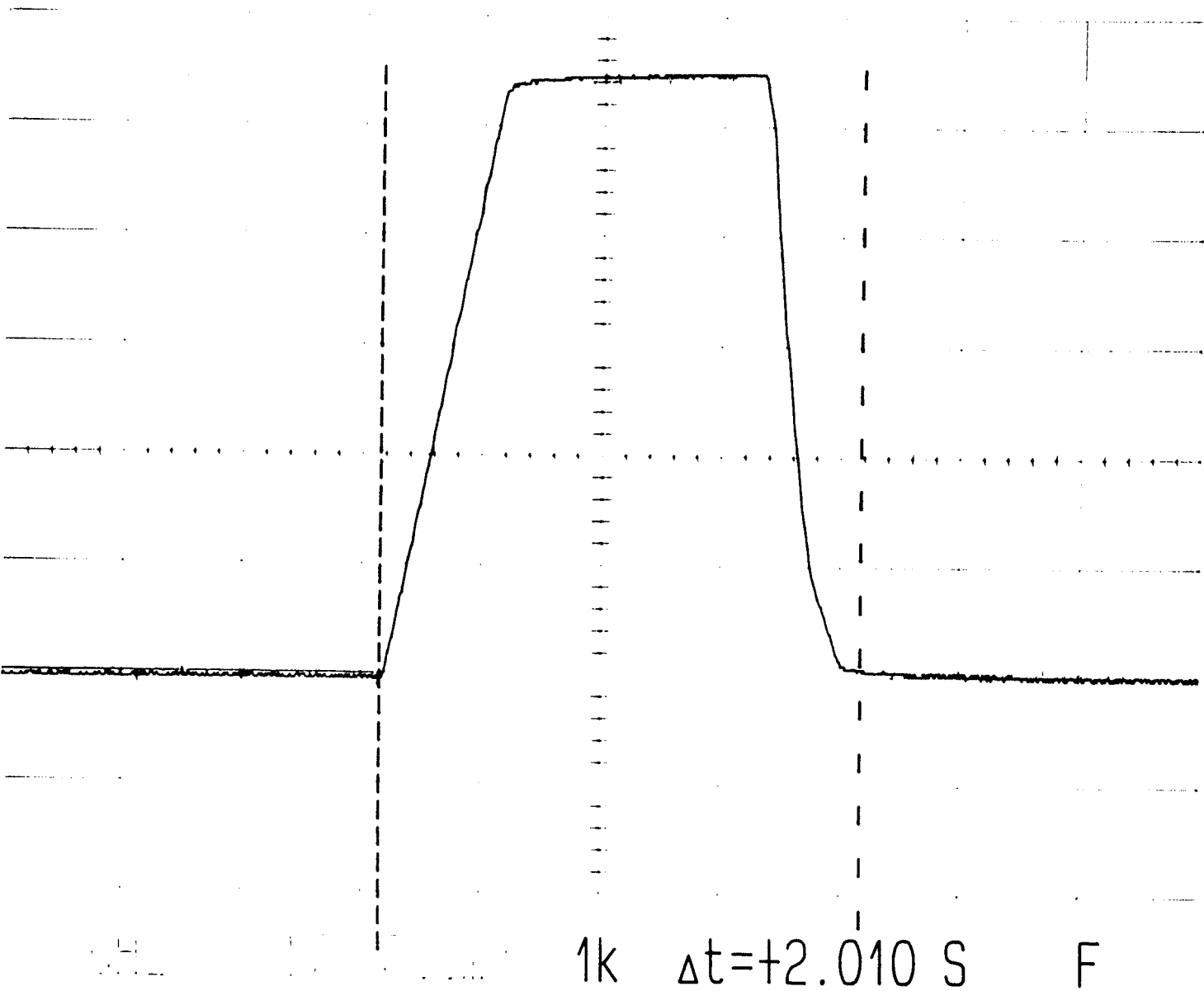


0X7520 ITT Instruments

AXE "Z" (Levage) - Mouvement de Montée -

ESSAI de Confirmation du réglage choisi

CH1 >1V 500ms C2 T=0k 0437 \*1000



0X7520 ITT Instruments

# Reglage du mouvement de descente de l'axe Z

## Paramètre de réglage:

L'intensité  $I_{max}$  délivrée au moteur ainsi que le gain de la chaîne de régulation ayant été réglés pour le mouvement de montée seront maintenus constants pour le réglage du mouvement de descente. Les autres paramètres pouvant influencer sur le comportement en descente sont donc:

-L'accélération  $K2$ , la vitesse nominale en descente  $V_{nd}$  et la distance de ralentissement en descente  $K5$

## Grandeurs observées:

$E_t$  : Ecart de traînage maximum dans la phase d'accélération

$E_d$  : Ecart de dépassement maximum

$E_e$  : Ecart de dépassement au moment de l'arrêt en position

$T$  : Temps du mouvement de descente

## Niveau des paramètres:

Accélération  $K2$ : Niveau 1 : 140; niveau 2 : 200

Vitesse nominale en descente: niveau 1 : -600; niveau 2 : -900

Distance de ralentissement  $K5$  : niveau 1 : 12; niveau 2 : 24

## Table L4 du plan d'expérience:

Essai	Paramètres de réglage			Observations			
	Accél. $K2$	$V_{nd}$	Ralent. $K5$	$E_t$	$E_d$	$E_e$	$T$
1	140	-600	12	0	0	0.4	2.63
2	140	-900	24	0	0.1	0.1	2.17
3	200	-600	24	0	0	0	2.74
4	200	-900	12	0	0.3	2.2	2.15

## Dépouillement des résultats

Pas d'influence sur la réponse  $E_t$

$E_d$

	Acc $K2$	$V_{nd}$	Ral $K5$
N1	0.05	0	
N2	0.15	0.2	

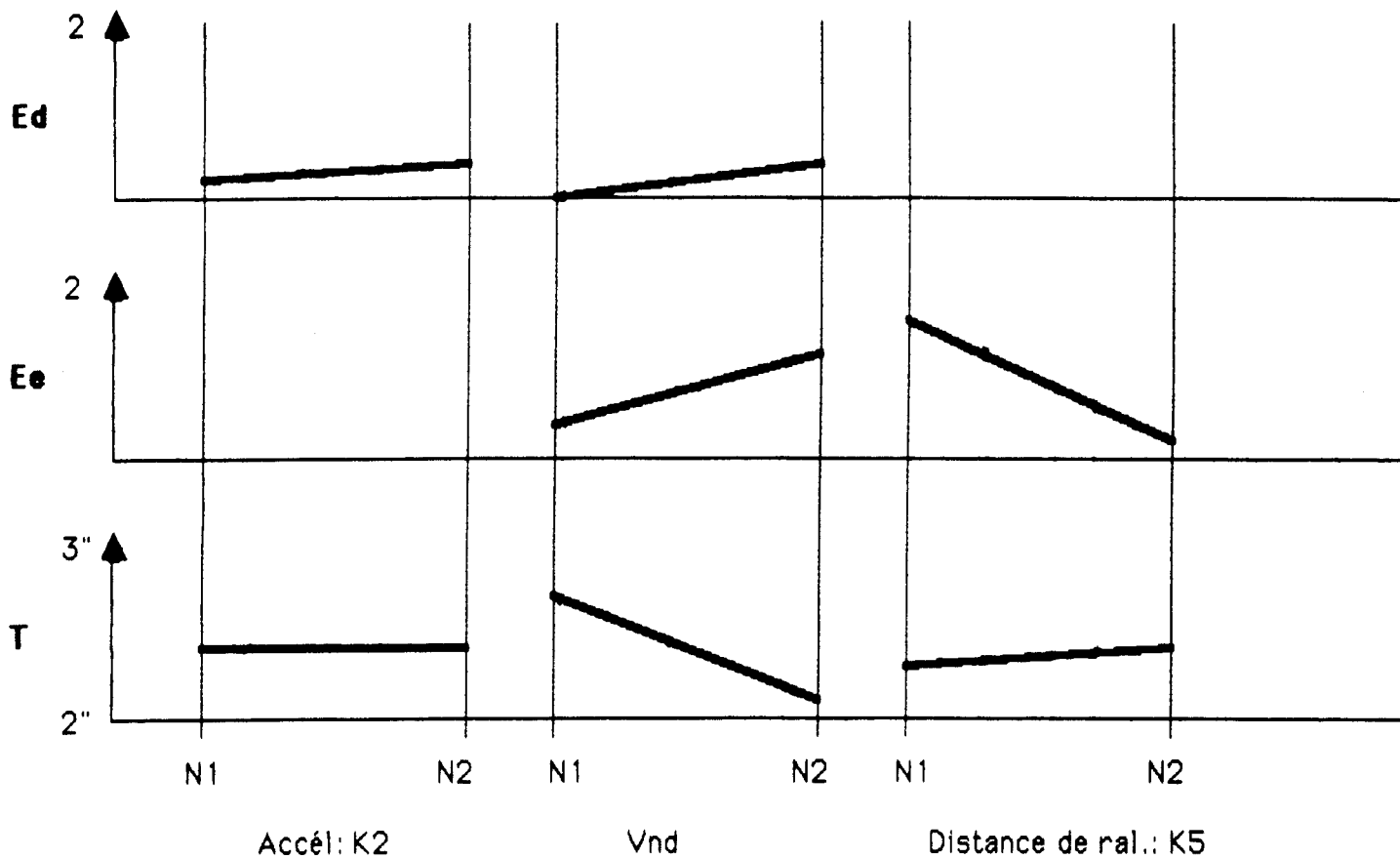
$E_e$

	Acc $K2$	$V_{nd}$	Ral $K5$
N1		0.2	1.7
N2		1.15	0.05

$T$

	Acc $K2$	$V_{nd}$	Ral $K5$
N1	2.4	2.68	2.39
N2	2.45	2.16	2.45

### Analyse des résultats:



### Décision:

Accélération : Niveau 1 soit 140

Vitesse nominale en descente: Vnd : -850

Distance de ralentissement: K5 : Niveau 2 soit 24

### Rappel de la décision pour la montée:

Imax : 7.25 A

Accélération : Niveau 1 : 70

Vitesse nominale en montée : Vnm 850

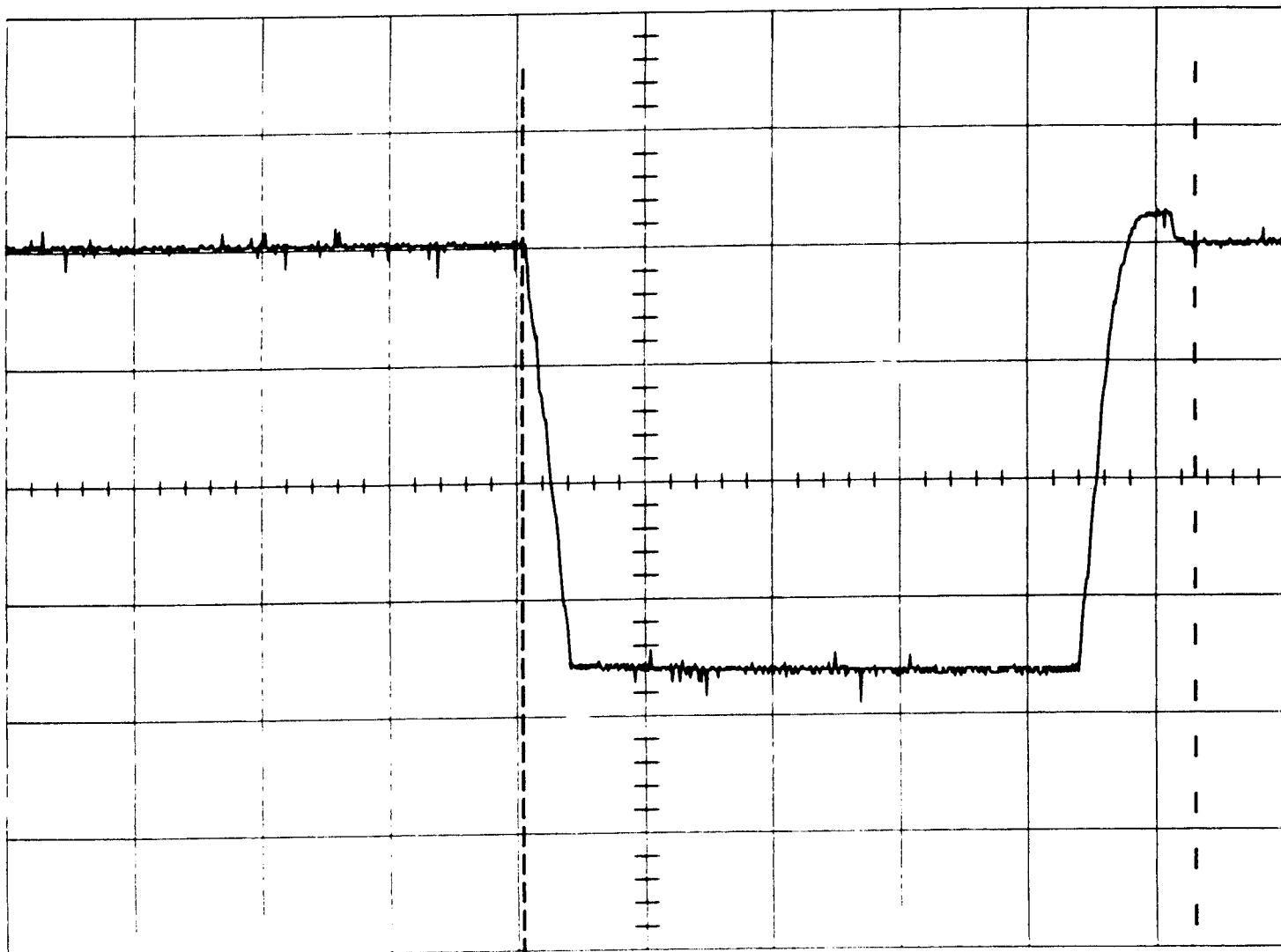
Distance de ralentissement en montée: Niveau 2 : 24

Gain de la chaîne de régulation : 10

**Voir résultat final sur la courbe de réponse en montée et en descente de l'essai de confirmation.**

# AXE "Z" (Leverage) - Mouvement de Descente - ESSAI N°1

CH1 2.1V 5.00ms C2 T=0k 0714 \*1000

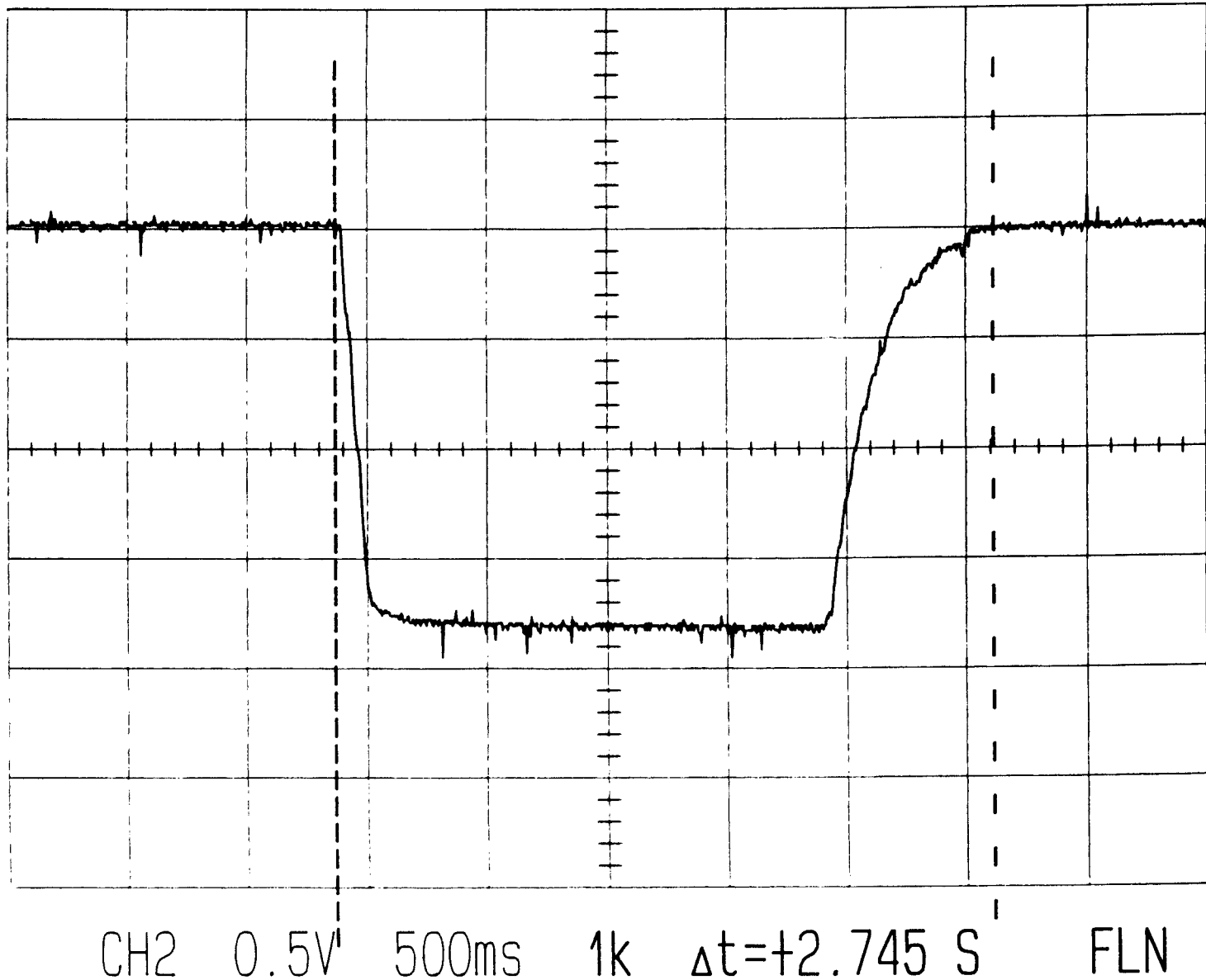


CH2 0.5V 500ms 1k  $\Delta t = +2.630$  S FLN

0X7520 ITT Instruments

# AXE "Z" (Leverage) - Mouvement de Descente - ESSAI N°3

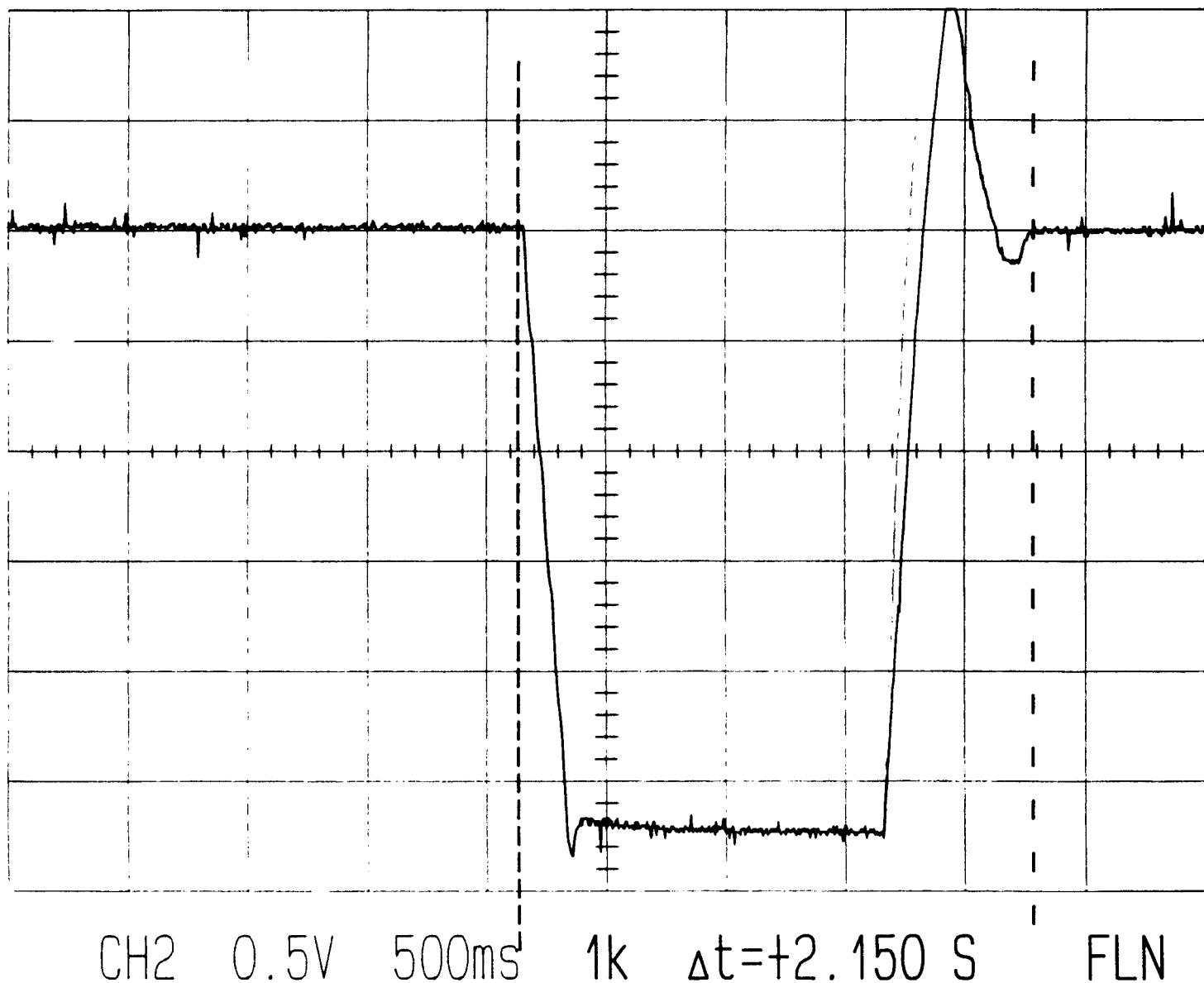
CH1 >1V 50.0ms C2 T=0k 0989 \*1000



0X7520 ITT Instruments

# AXE "Z" (Leverage) - Mouvement de Descente - ESSAI N°4

CH1 21V 5.0ms C2 T=0k 0989 \*1000

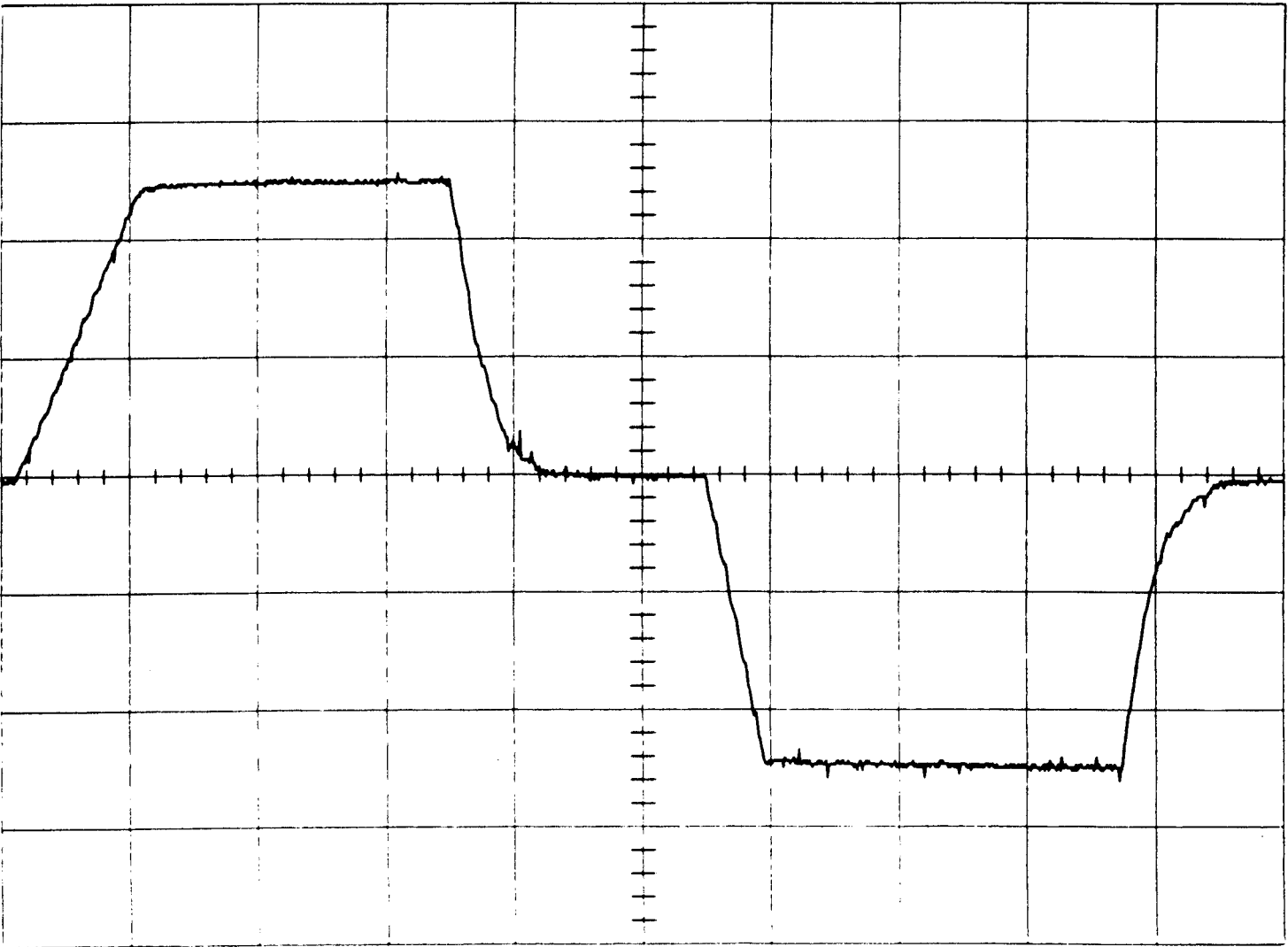


0X7520 ITT Instruments

AXE "Z" (Levage) - Mouvement de Montée et Descente -

ESSAI de confirmation du réglage choisi

CH1 2V 500ms WD T=0k 0849 \*1000



CH2 1V 500ms 1k F



# Dossier technique spécifique au sous-système axe "Z"

# ***Cahier des charges***

## 1 - Présentation générale :

Le transgerbeur est un magasin automatique dont les caisses référencées peuvent être stockées et destockées automatiquement sur l'ordre d'un opérateur.

Ce système comprend :

- un magasin de 35 casiers
- un transgerbeur stockant et déstockant les caisses. Ce transgerbeur assure le déplacement en X, Y, Z.
- un poste de commande opérateur permettant les commandes automatique et manuelle de l'ensemble.

L'équipement commandé par l'éducation nationale est prévu pour être utilisé dans le cadre de l'enseignement des essais de systèmes en électrotechnique (module B2).

Il doit donc être représentatif, à échelle réduite, du système industriel.

D'un niveau de technicité élevée, il permettra aux élèves électrotechniciens de se préparer aux technologies qu'ils verront dans l'industrie.

Le transgerbeur sera utilisé dans une zone d'essai de systèmes située dans les ateliers du lycée technique ; ce local peut être qualifié de sec, à savoir :

- température :  $+5^{\circ}\text{C} < T < +40^{\circ}\text{C}$
- risques de poussières
- pas de substances corrosives
- pas de risques dûs aux matières traitées
- pas de risque de projection d'eau
- risques de choc importants

## 2 - Inventaire des contraintes et prescriptions fonctionnelles

- Le magasin sera modulaire et configurable selon le besoin de l'utilisateur.
- La configuration livrée comprendra 35 alvéoles capables de recevoir des caisses de 300 x 200 x 150 sur 5 niveaux (soit 7 emplacements par niveau).
- Le poste de chargement / déchargement se trouvera au niveau 0, à l'extrémité du magasin.
- La masse maximale transportée n'excèdera pas 10 kg.
- Les dimensions au sol ne dépasseront pas 2000 x 1500 x 1500 mm
- Chaque caisse aura son emplacement propre, mais tout autre mode de gestion pourra être envisagé.
- Le transgerbeur pourra, dans l'avenir, être équipé d'un lecteur de code barre, permettant d'identifier le contenu de la caisse et ainsi de décider de son lieu d'affectation.
- Il pourra également être doté d'un système de commande et signalisation centralisées (superviseur).

### 3 - Prescriptions temporelles :

- La durée d'une vacation (entrée ou sortie de caisse), pour le magasin dans la configuration standard, ne devra pas excéder 30 secondes.
- Le transgerbeur devra pouvoir fonctionner 8 h/jour de manière continue (100 % d'utilisation). Les opérations de maintenance seront réduites au minimum :
  - une vérification mensuelle :
    - contrôle visuel
    - graissage des mécanismes
    - nettoyage
  - un entretien complet annuel d'une durée maximale de 16 h.
    - contrôle des moteurs
    - contrôle des systèmes de transmission de mouvement
    - état des connexions électriques
    - état du poste de commande
    - réglage des capteurs
    - recalibration des variateurs de vitesse
    - contrôle du positionnement et de l'alignement du magasin par rapport au transgerbeur.

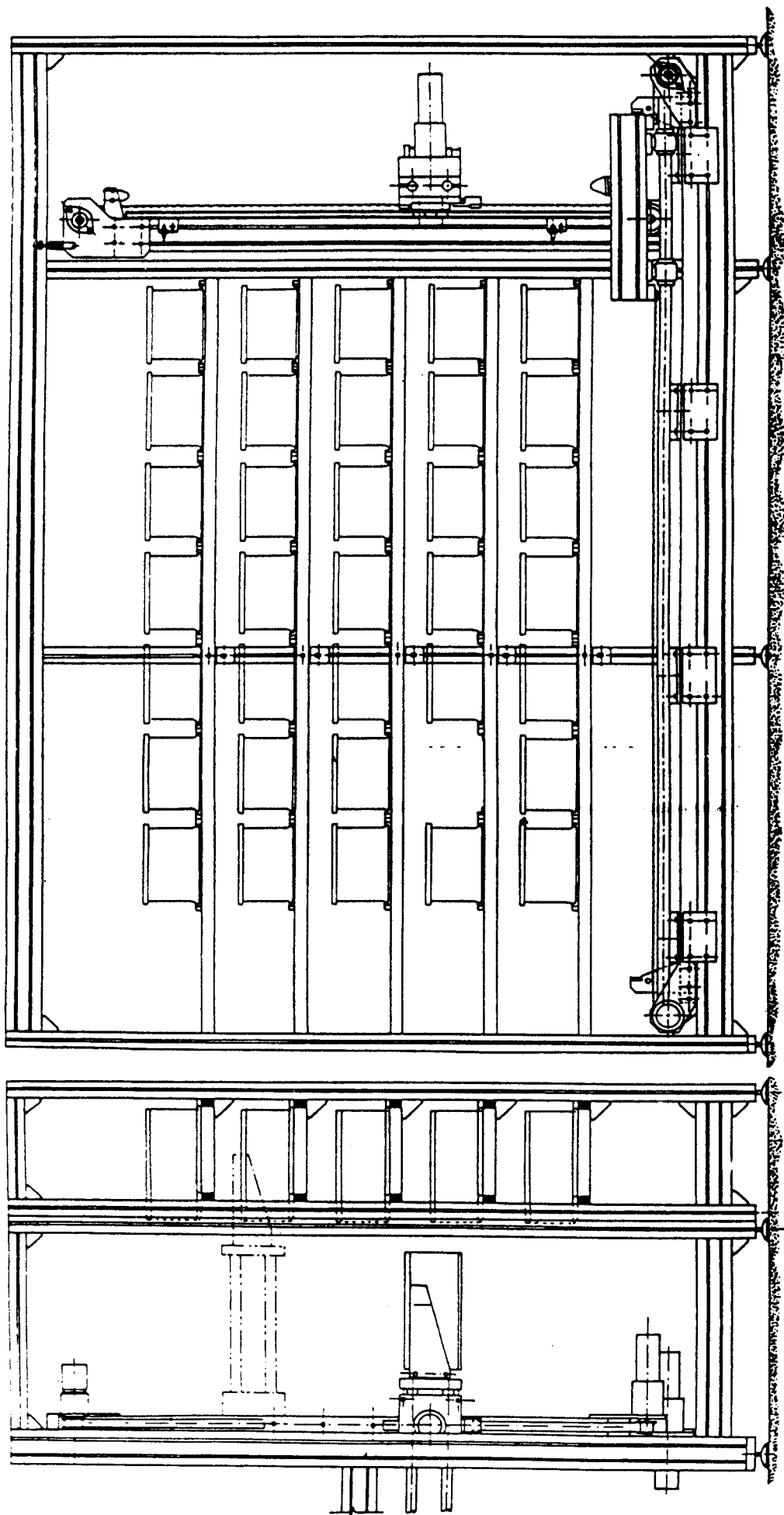
### 4 - Prescriptions technologiques :

- Les détecteurs de position seront statiques, du type inductif 2 ou 3 fils.
- Les capteurs de position seront du type codeur incrémental pour le déplacement en X et du type codeur absolu pour le déplacement en Z.
- La précision du positionnement en X sera meilleure que 1,5 mm, celle en Z meilleure que 4 mm.
- Les actionneurs seront du type moteur à courant continu.
- Les modulateurs d'énergie (préactionneurs) seront à commande analogique (-10 V à + 10 V).
- Le poste de commande sera équipé de boutons poussoirs et de voyants. Ce poste permettra la commande automatique ou manuelle de l'ensemble. La solution «console de dialogue» n'a pas été retenue pour des raisons de coût d'équipement.
- Le traitement des données sera effectué par un automate programmable industriel.

Celui-ci comportera un nombre suffisant d'entrées et de sorties «tout ou rien» et analogiques adaptées aux capteurs et aux actionneurs qu'il contrôle.

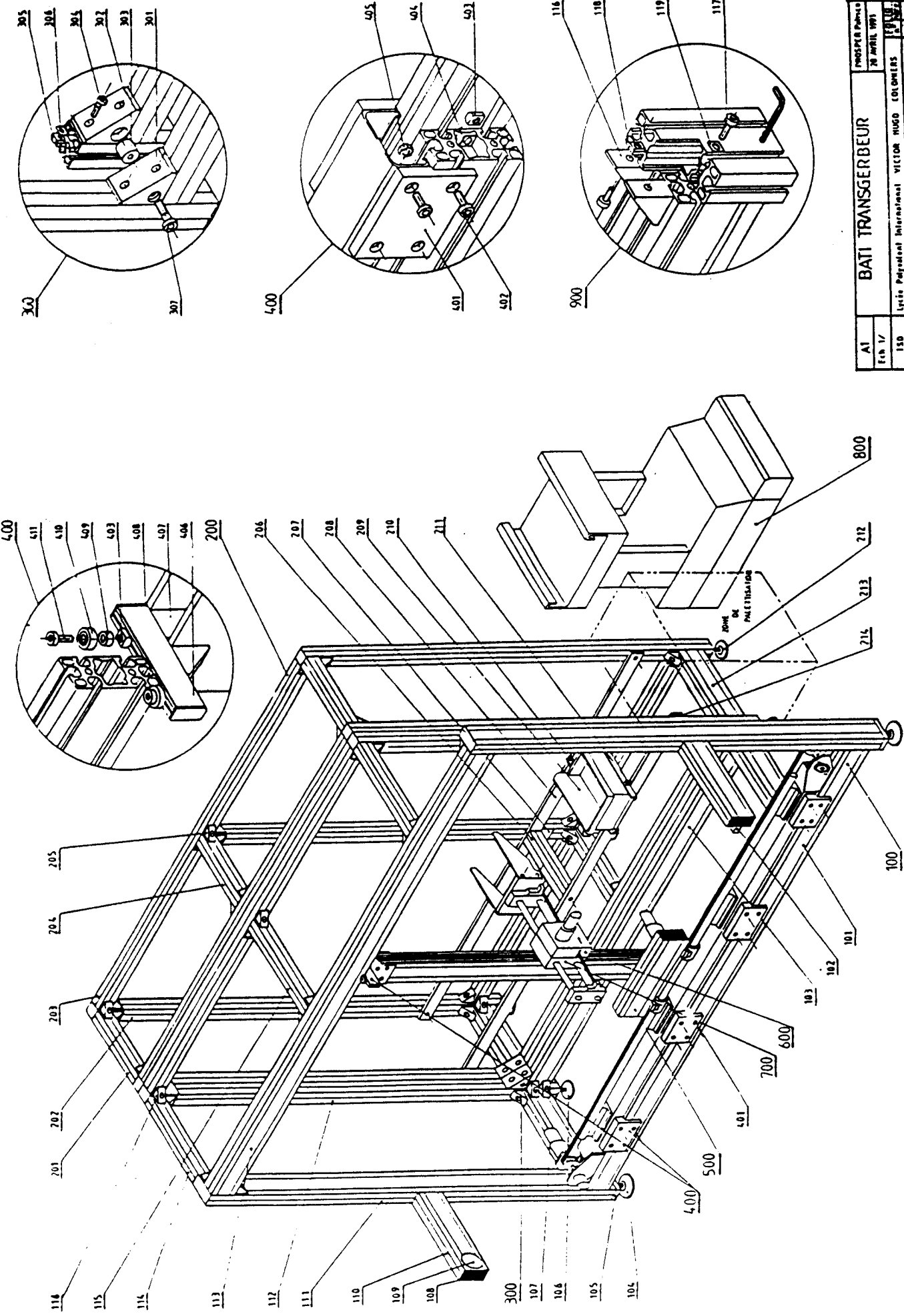
On vérifiera en particulier la compatibilité, entre la durée d'un cycle de scrutation et la vitesse d'acquisition nécessaire des données.

- L'alimentation électrique se fera en 220 V monophasé à partir d'une prise de courant standard 2P + T 10/16 A.
- Le matériel sera choisi dans une gamme de produits industriels à large diffusion.
- L'installation électrique sera conforme à la norme NFC 15 - 100.

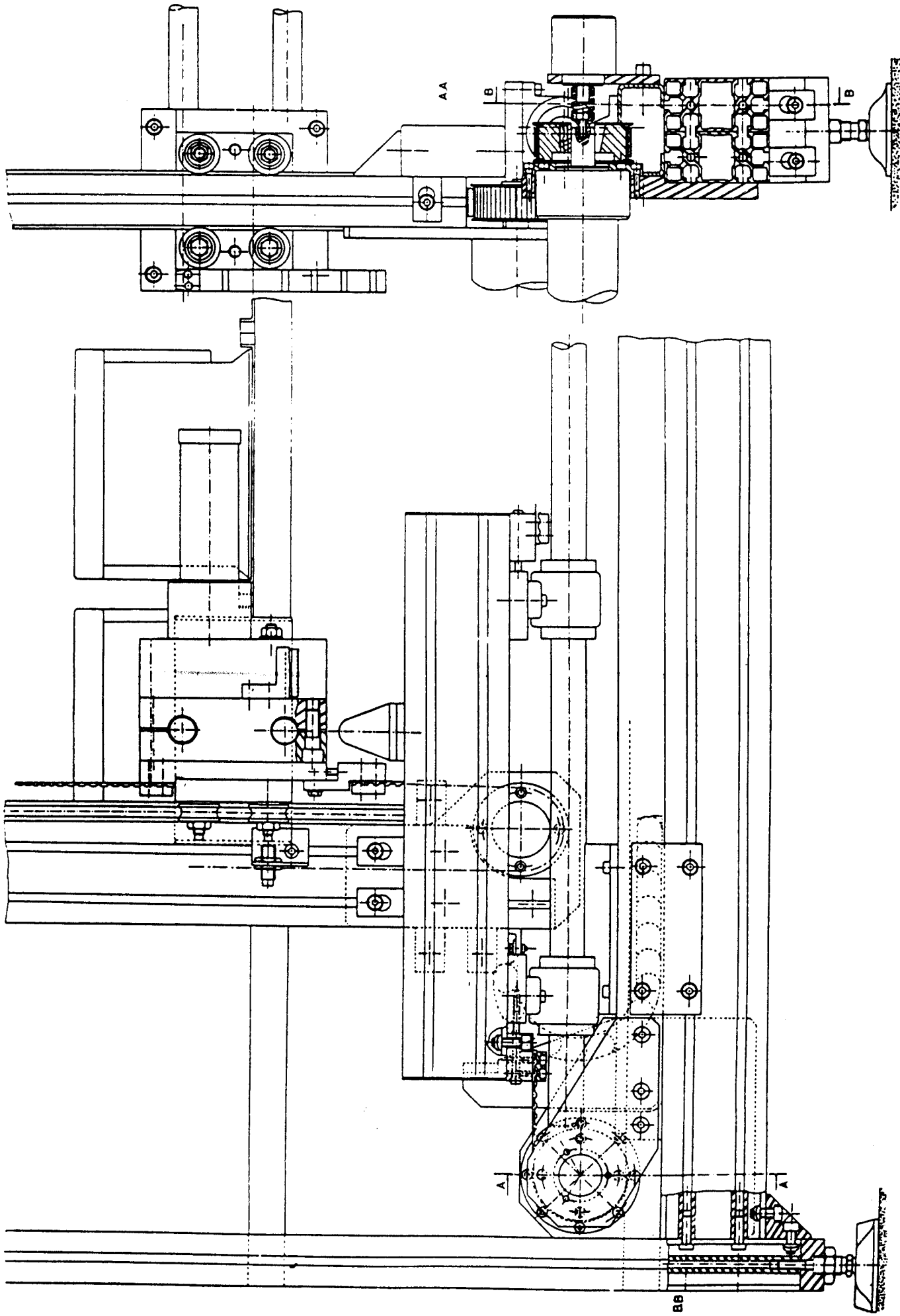


PROSPER. P	28 AVRIL 91
TRANSGERBEUR	L. P. I. VICTOR HUGO COURMERS
Éch. 1/10	BATI et MAGASIN
Rev. 1	A 1

A1	BATI TRANSGERBEUR	PROCESSEUR PAPERON
Ech 1/		20 AVRIL 1981
150	Lycée Polytechnique International VICTOR HUGO COLOMBES	15/01/82
Page 1	DESSIN D'ENSEMBLE	

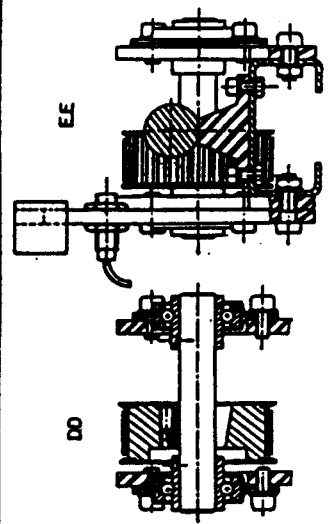


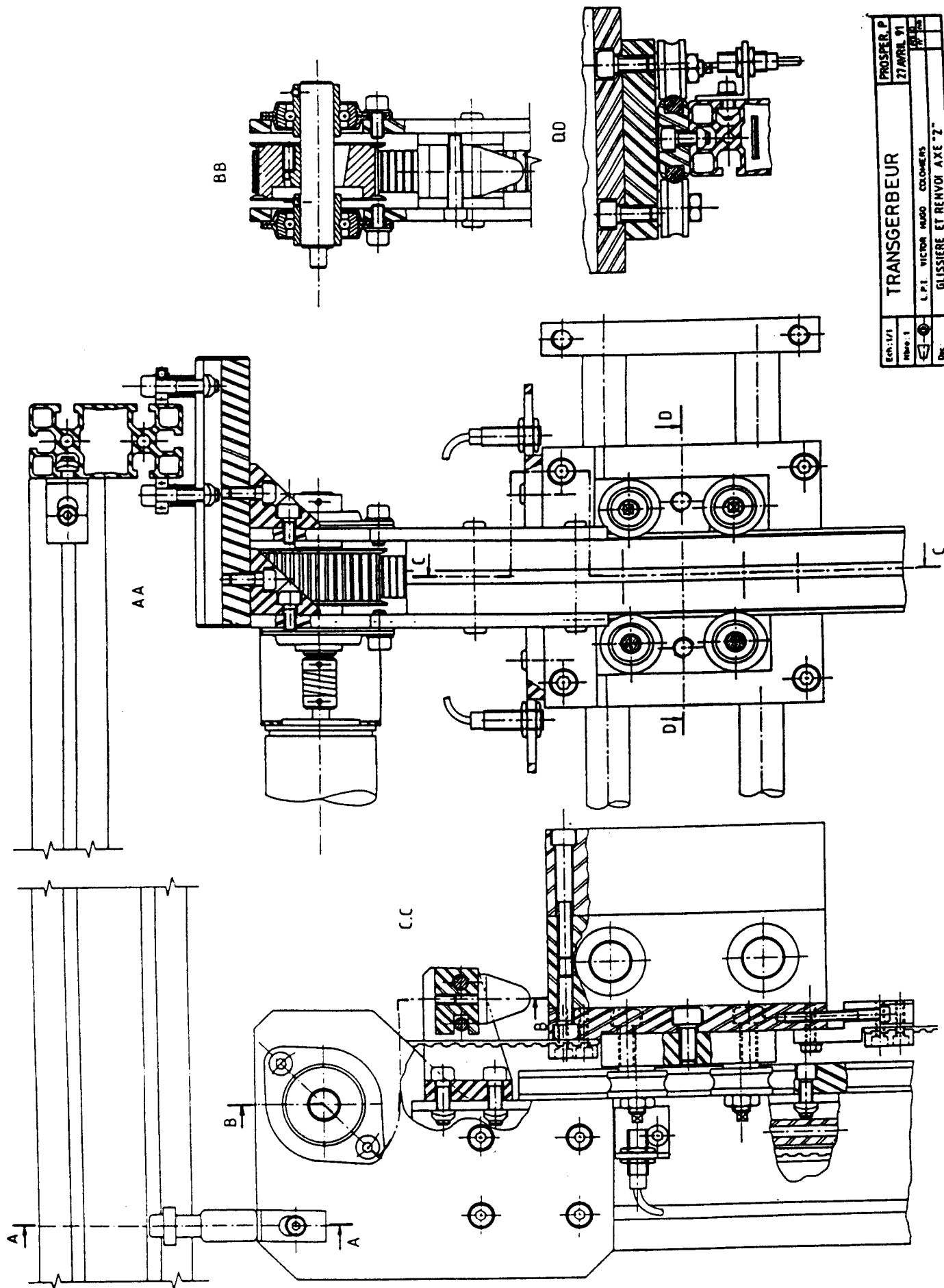




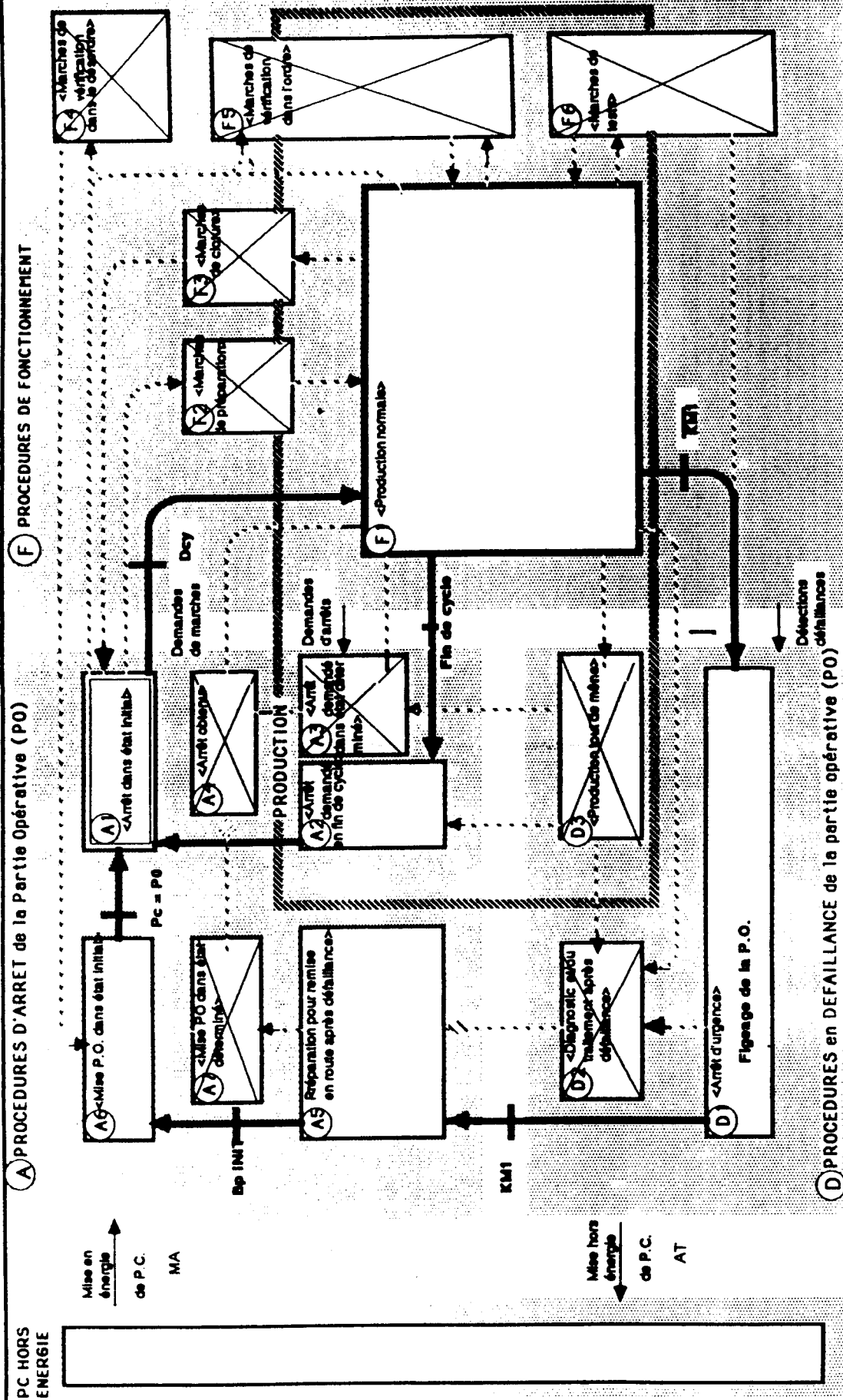
PROJET	TRANSGERBEUR
DATE	1971
REVISION	1
DESIGNER	1. P. J. VICTOR
CHIEF DESIGNER	1. P. J. VICTOR
ENGINEER	1. P. J. VICTOR
TECHNICAL	1. P. J. VICTOR
MANUFACTURING	1. P. J. VICTOR
ASSEMBLY	1. P. J. VICTOR
TESTING	1. P. J. VICTOR
OPERATION	1. P. J. VICTOR
MAINTENANCE	1. P. J. VICTOR
REPAIR	1. P. J. VICTOR
REPLACEMENT	1. P. J. VICTOR
DISPOSAL	1. P. J. VICTOR

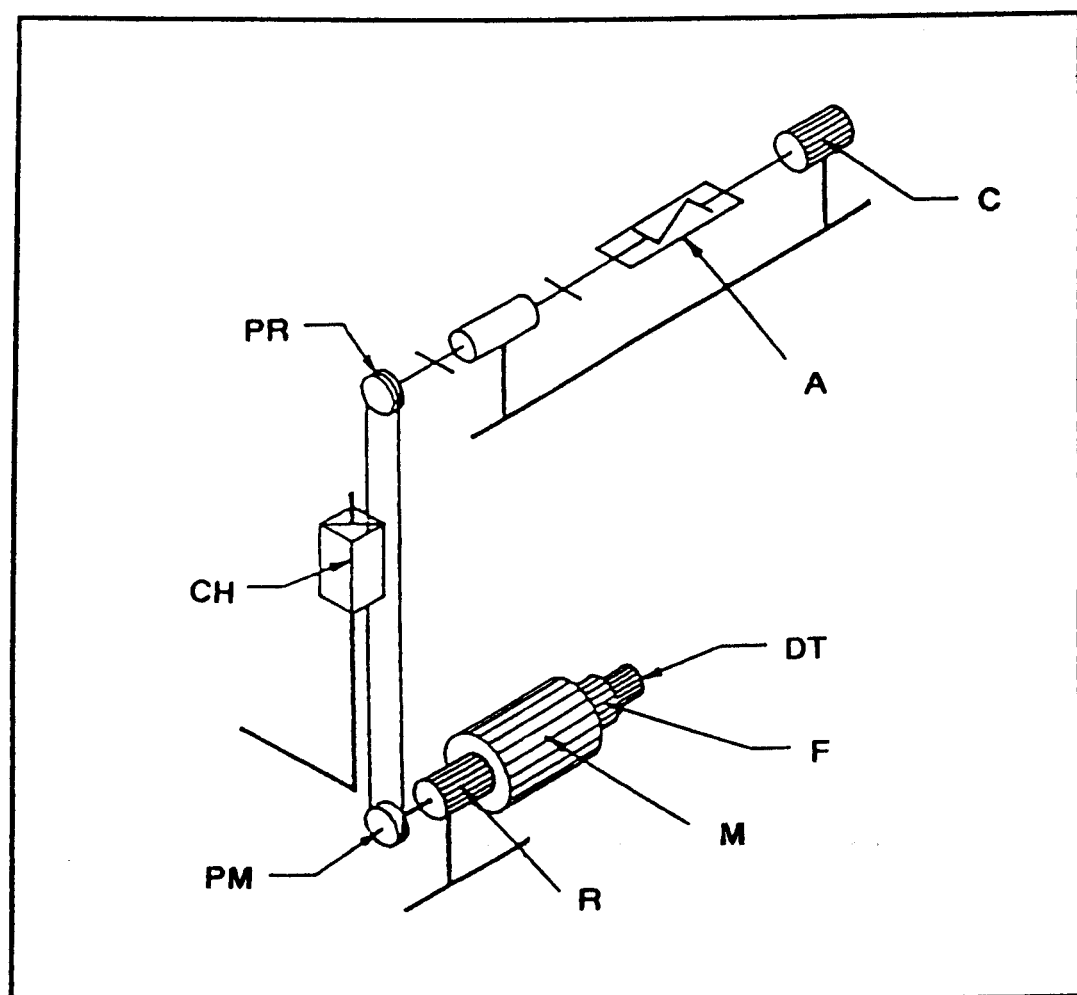






Gen: V1	PROSPER, P	27 AVRIL 91	27 AVRIL 91
Rev: 1	L.P.I. VICTOR HUGO	COLOMBES	27 AVRIL 91
Doc:	GLISSIERE ET RENVOI AXE "Z"		

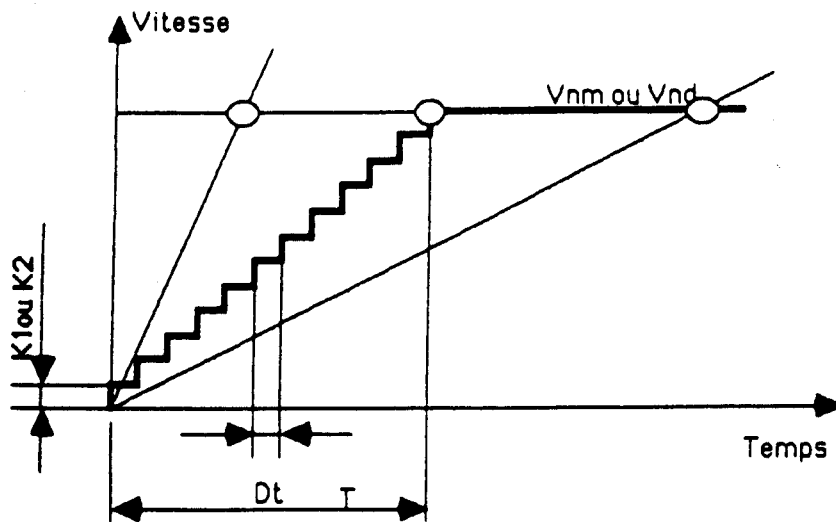




- PR** Poulie réceptrice : diamètre 70 mm
- CH** Chariot mobile : masse  $m_1 = 18 \text{ kg}$  à vide.  
La masse transportée est comprise entre 0 et 10 kg.
- PM** Poulie motrice : diamètre 70 mm
- R** Réducteur de vitesse mécaniquement réversible : rapport 1 / 20
- M** Moteur à courant continu
- F** Frein à manque de courant
- DT** Génératrice tachymétrique :  $K = 6 \text{ mV} / \text{tr.mn}^{-1}$
- A** Accouplement souple des axes
- C** Codeur rotatif absolu multitours

### ACCÉLÉRATION

On désire une vitesse d'accélération proportionnelle au temps

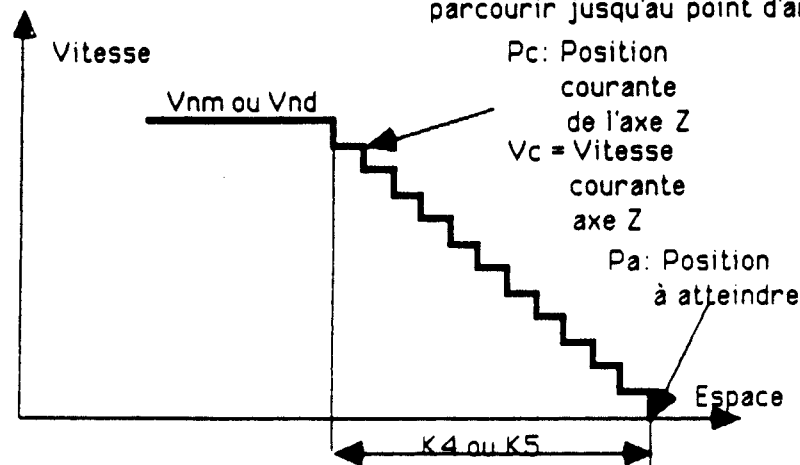


La vitesse nominale en montée ou en descente peut être obtenue par  $n$  incrémentations de la valeur  $K1$  ou  $K2$  espacées d'un temps  $Dt$ .

Pour faire varier la pente d'accélération on peut agir soit sur le paramètre  $K1$  pour la montée et  $K2$  pour la descente soit sur le temps élémentaire  $Dt$

### DECELERATION

On désire un ralentissement tel qu'à partir du point de ralentissement choisi, la vitesse décroisse proportionnellement à l'espace restant à parcourir jusqu'au point d'arrêt.



Pour élaborer cette loi, l'automate calcule en permanence la distance  $Pa - Pc$  que l'on compare à la distance de freinage en montée  $K4$  ou en descente  $K5$

Si  $Pa - Pc > K4$  ou  $K5$  alors maintenir  $Vnm$  ou  $Vnd$   
Si  $Pa - Pc < K4$  ou  $K5$  alors faire  $Vc = Vnm [(Pa - Pc)/K4]$  ou  $Vc = Vnd [(Pa - Pc)/K5]$

Si  $Pa - Pc = 0$  alors maintenir  $Vc = 0$

### VARIABLES AUTOMATE CONCERNEES

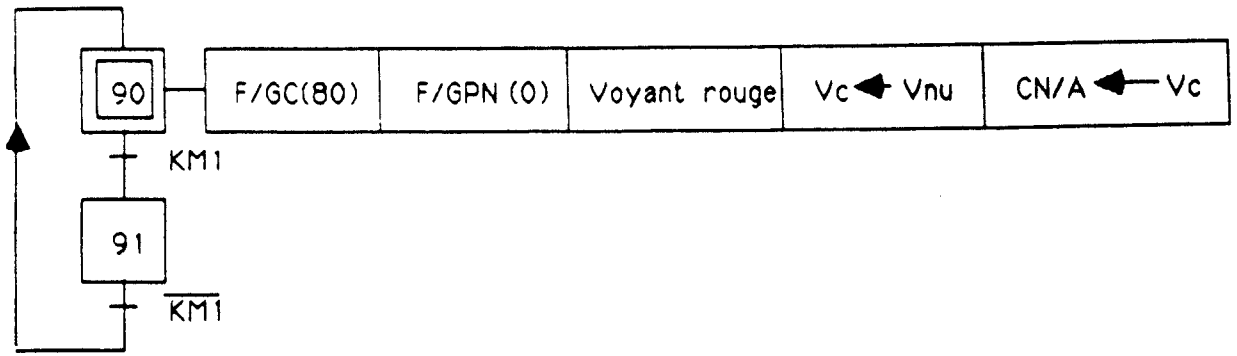
#### Mots constants

CW0 :  $Po$  Position initiale Axe Z  
CW1 :  $K1$  Incrément de vitesse en montée  
CW2 :  $K2$  Incrément de vitesse en descente  
CW3 :  $K3$  Vitesse réduite  
CW4 :  $K4$  Distance de freinage en montée  
CW5 :  $K5$  Distance de freinage en descente  
CW6 :  $Vnu$  Vitesse nulle  
CW7 :  $Vnm$  Vitesse nominale en montée  
CW8 :  $Vnd$  Vitesse nominale en descente  
CW9 :  $Vmanu$  Vitesse en marche manu  
CW10 : Position haute axe z

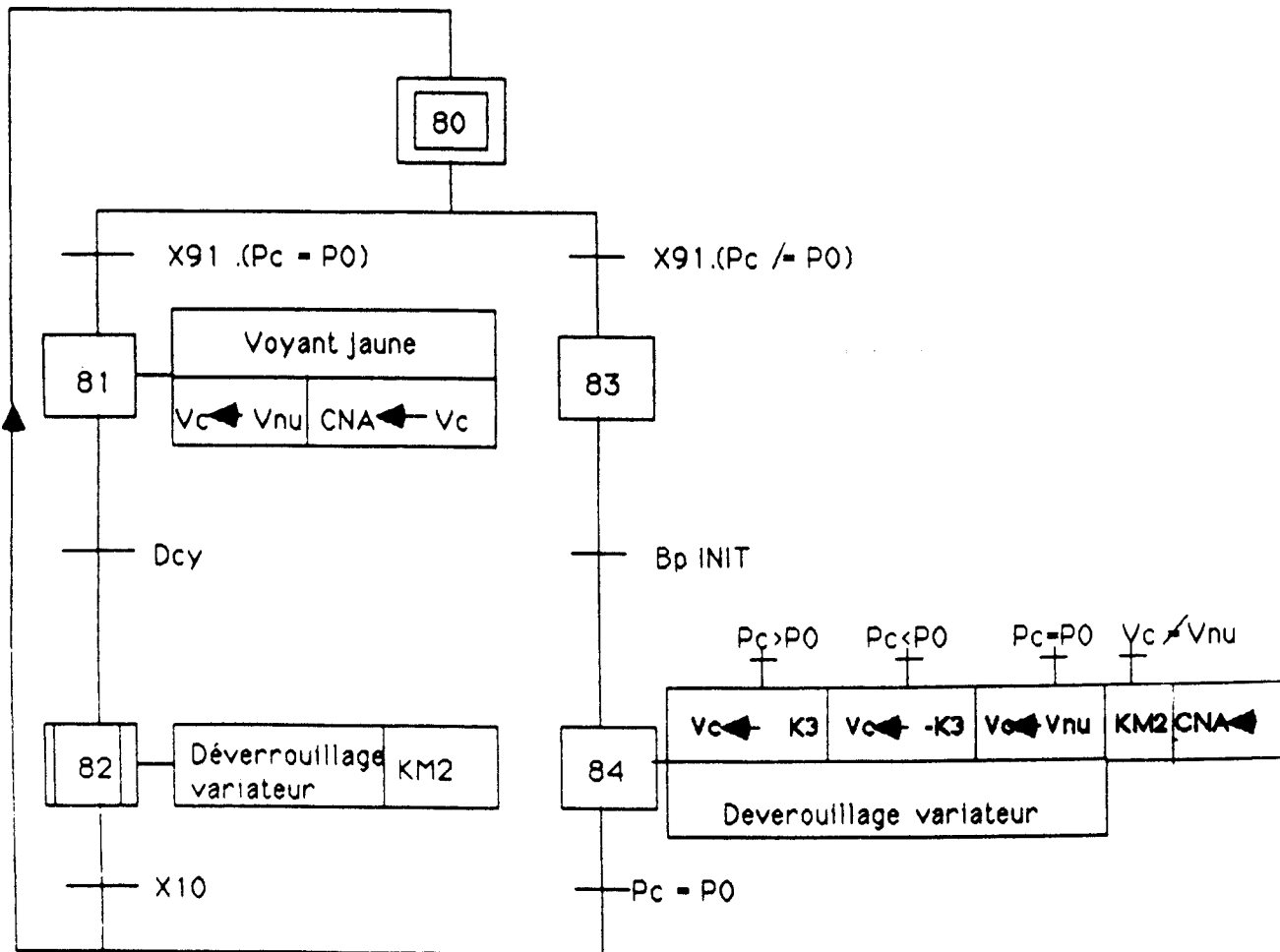
#### Mots variables

W0 :  $Pc$  Position courante axe Z  
W1 :  $Pa$  Position à atteindre  
W4 :  $Vc$  Vitesse courante axe Z  
W5 :  $Vam$  Vitesse atteinte en montée  
W6 :  $Vad$  Vitesse atteinte en descente

## AXE Z : GRAFCET DE SURETÉ

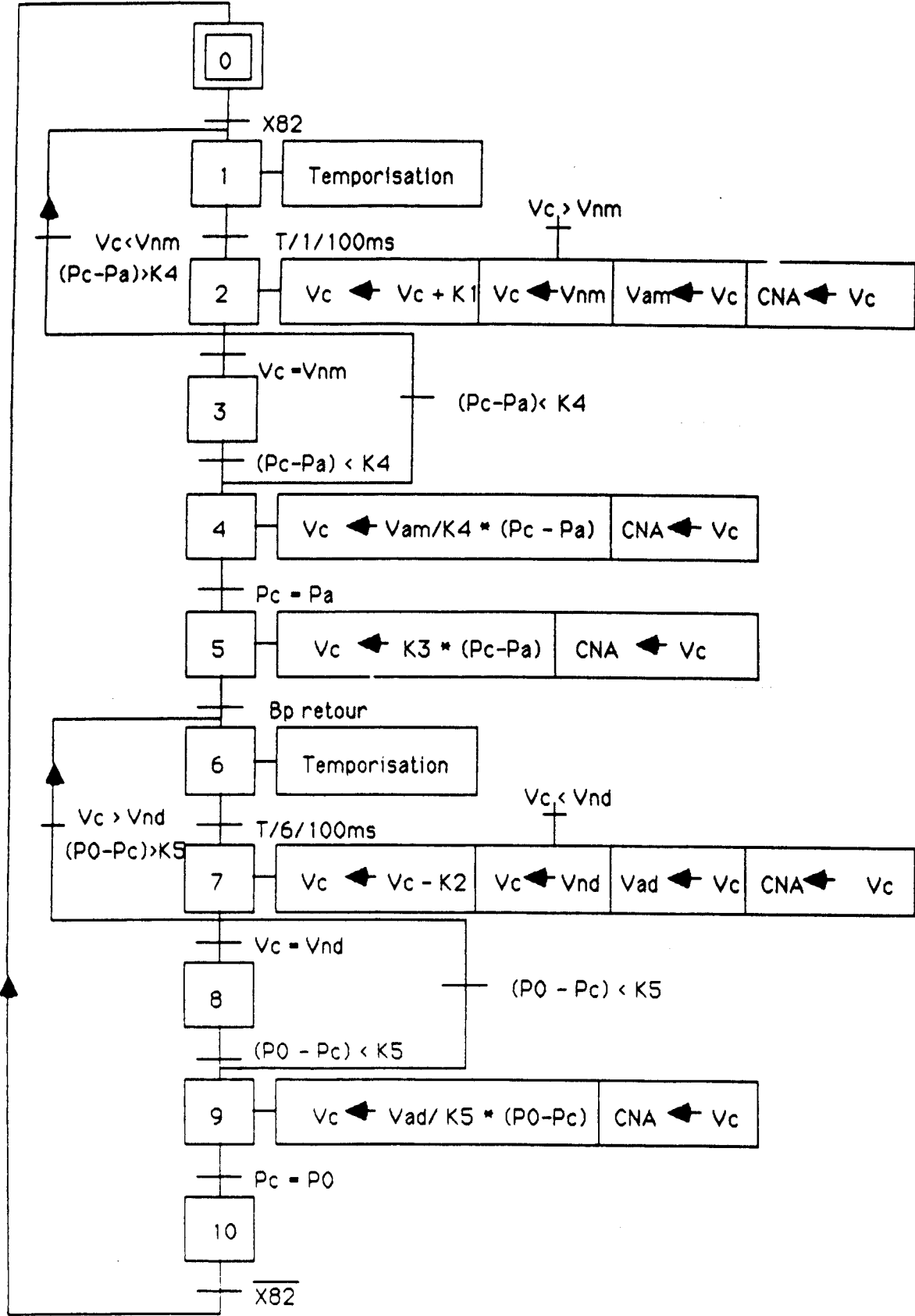


## AXE Z : GRAFCET DE CONDUITE





AXE Z : GRAFCET DE PRODUCTION NORMALE



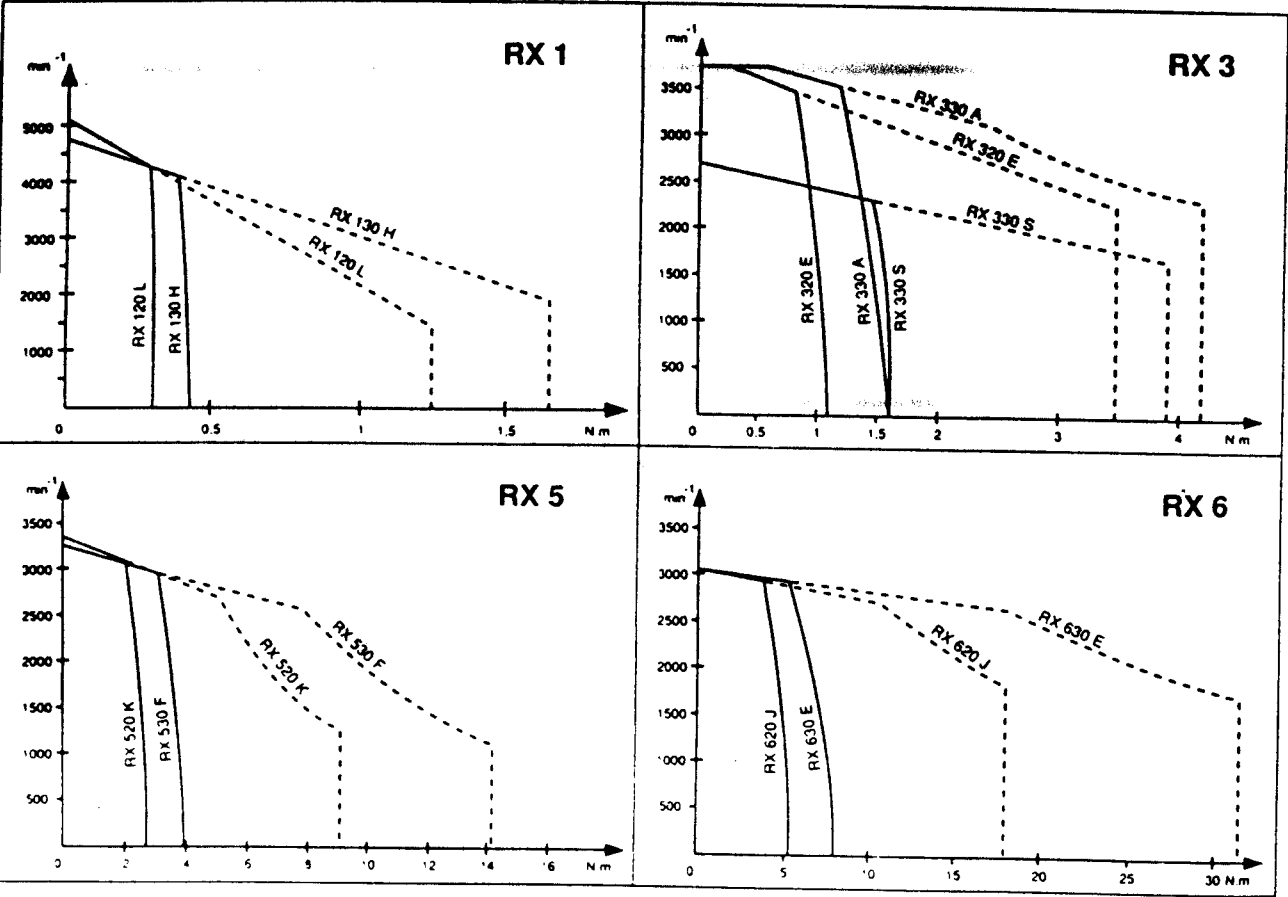


CARACTERISTIQUES (40 ° C ambiant) Facteur de forme ≤ 1 02	Couple permanent en rotation lente	Vitesse nominale	Puissance nominale	Tension nominale	Courant permanent en rotation lente	Courant maximal en rotation lente	F.E.M par 1000 ps/mn (25 °C)	Couple par ampère (25 °C)	Résistance l'induit (25 °C)	Inductance	Inertie	Constante de temps mécanique	Constante de temps thermique	Charge axiale admissible	Charge radiale admissible à mi-brague de l'arbre	Masse
SYMBOLE	Co	Nn	Pn	Un	Io	I max	KE	KT	R	L	J	τ m	τ th	Fa*	Fr*	M
UNITE	Nm	min <sup>-1</sup>	W	V	A	A	V	Nm/A	ohm	mH	kgm <sup>2</sup> 10 <sup>-4</sup>	ms	min	daN	daN	Kg
RX 120 L	0.3	3000	94	46	3	11.5	11.5	0.11	2.5	7.5	5	10.4	5.8	16	18	1.35
RX 130 H	0.43	3000	126	47	3.8	14	12.4	0.118	1.66	5.3	6.8	8.05	6.55	16	20	1.6
RX 320 E	1.1	3000	283	53	8	28	15.2	0.145	0.56	5.3	50	13.3	12.4	23	45	4
RX 330 A	1.6	3000	408	52	11.8	32	15	0.143	0.3	3.3	72	10.5	15.8	23	50	5.2
RX 330 S	1.62	2300	360	60	8	21	21.8	0.208	0.69	7	72	11.5	16.2	23	50	5.2
RX 520 K	2.7	2780	640	110	8	30	35.5	0.34	0.76	5.4	128	8.5	15.5	30	80	6.6
RX 530 F	3.87	2700	933	110	11.5	45	36.5	0.35	0.5	3.6	174	7	18	30	85	8.7
RX 620 J	5.3	2360	1060	130	11.3	41	51.5	0.49	0.4	4.3	350	5.8	19.2	40	95	13
RX 630 E	8	2350	1475	130	16	68	52	0.5	0.25	2.6	500	5	20	40	100	18.5

\* Fa et Fr non cumulables

LIMITES DES DOMAINES D'UTILISATION

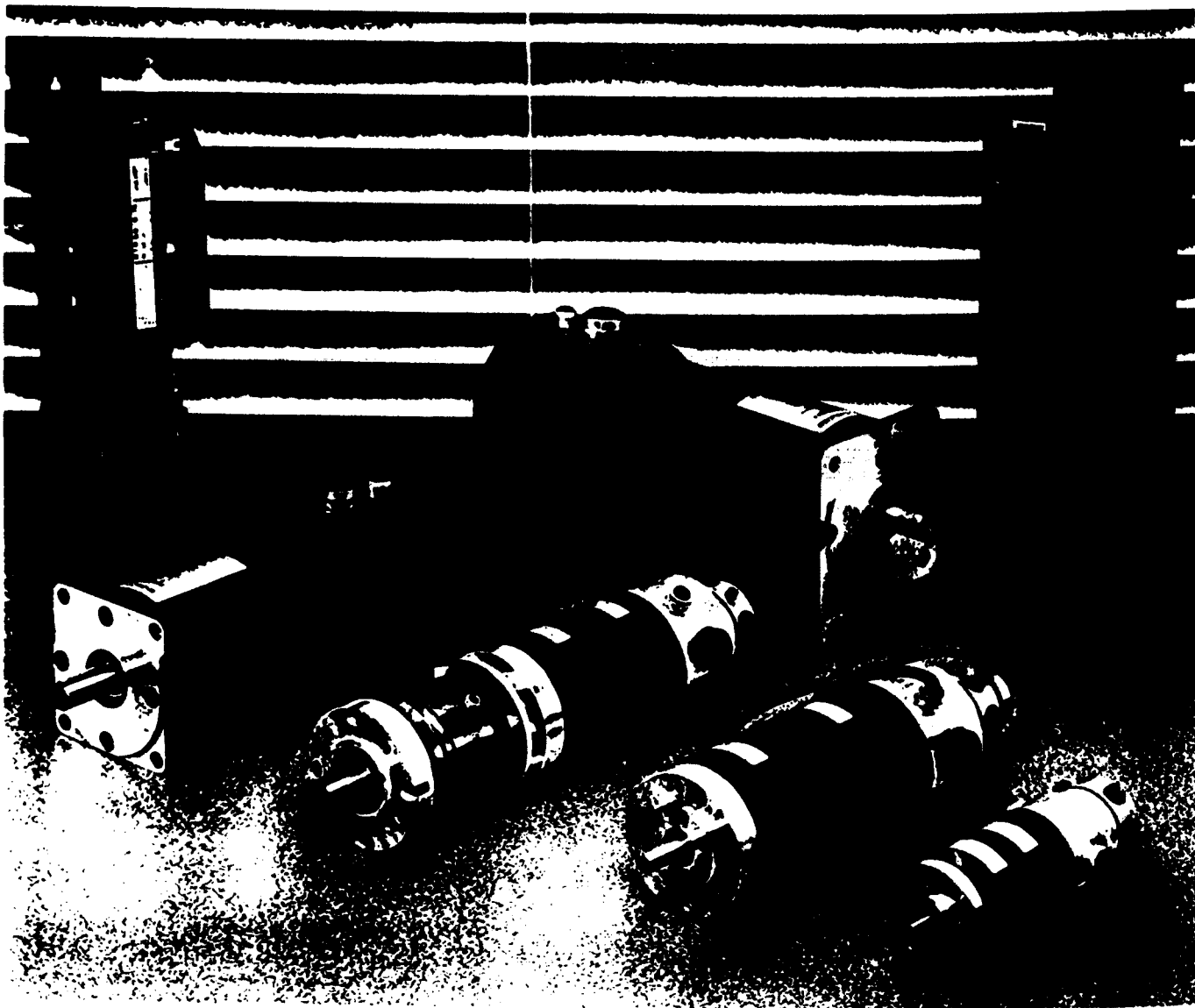
———— permanent thermique  
- - - - - fonctionnement impulsionnel



**SERVOMOTEURS COURANT CONTINU**  
**DE 0,3 à 8 Nm**

**RX**

**PARVEX**  
SERVO SYSTEMES



**GEC ALSTHOM**

Montées sans accouplement, donc très rigides, les génératrices tachymétriques usinées au micron donnent une image fidèle de la vitesse instantanée, du passage à vitesse nulle et du sens de rotation.

GÉNÉRATRICE  
TACHYMÉTRIQUE

Moteur	Tachy	F.E.M.	Résistance à 25°C	Inertie	Masse
		Volt/1000 min <sup>-1</sup>	ohm	kgm².10 <sup>-5</sup>	Kg
RX1 - RX3	TBN 206	6	47	0.5	0.2
RX5 - RX6	TBN 306	6	11	2.5	0.3

Le frein bloque l'arbre moteur à l'arrêt (utilisation statique).  
Utilisation dynamique en cas d'arrêt d'urgence.

FREIN DE  
MAINTIEN A  
MANQUE DE  
COURANT

Moteur	Couple de maintien		Tension (± 10%)	Courant	Inertie	Masse
	à 20 °C	à 100 °C				
	Nm	Nm	V=	A	kgm².10 <sup>-5</sup>	Kg
RX 1	1	0.9	24	0.46	1	0.4
RX 3	1.5	1.3	24	0.7	1	0.47
RX 5	6	5.5	24	0.54	6.3	0.7
RX 6	12	10	24	0.75	17	1.4

CODEUR  
INCRÉMENTAL

Les signaux sont complémentés A,  $\bar{A}$ , B,  $\bar{B}$  avec top zéro et top zéro. Alimentation 5V TTL. Toutes les sorties sont pilotées par amplificateur de ligne.

K9	Fonction	Couleur
	A	Blanc
	$\bar{A}$	Blanc/noir
	B	Bleu
	$\bar{B}$	Bleu/blanc
	top 0	Vert
	top 0	Vert/blanc
	+ 5 V	Rouge
	0 V	Noir

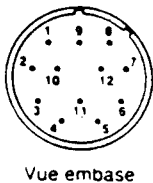
Moteur	Codeur	Raccordement	Traits par tours		Inertie	Masse
			Standard	Option		
RX1 - RX3	K9	câble 1 m	500	250	0.06	0.06
RX5 - RX6	C6 B	connecteur	500-1000	2000-2500	0.14	0.58

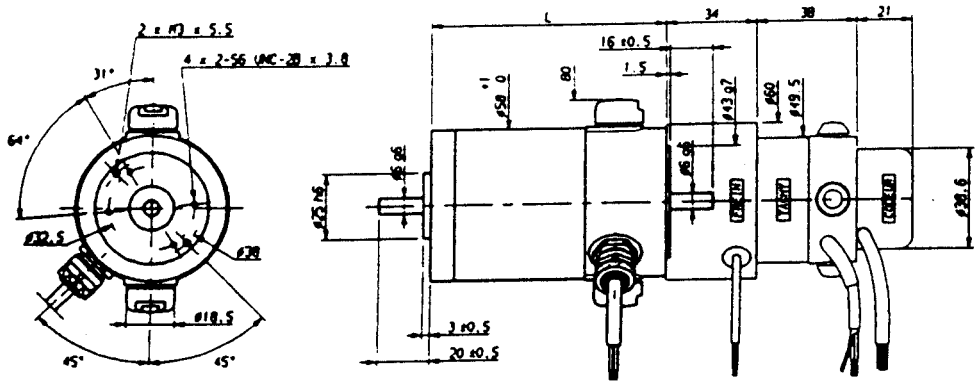
Le nombre de points peut-être multiplié par 2 ou 4 par la commande numérique.

C6B	Fonction	Broche
	A	5
	$\bar{A}$	6
	B	8
	$\bar{B}$	1
	top 0	3
	top 0	4
	+ 5 V	2-12
	0 V	10-11

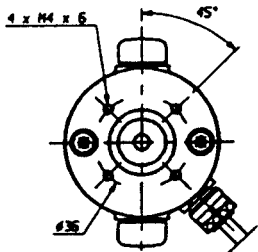
Solidaire de l'arbre moteur, le codeur K9 est très compact. Les charges axiales sur l'arbre sont donc à proscrire.

Le codeur C6 B est particulièrement bien adapté à une ambiance industrielle sévère grâce à sa protection thermique et mécanique renforcée.

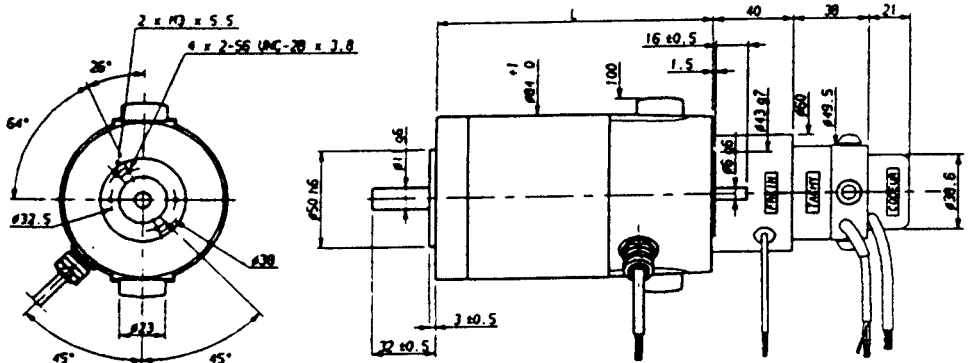




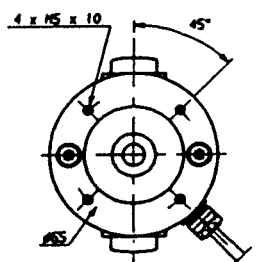
RX1



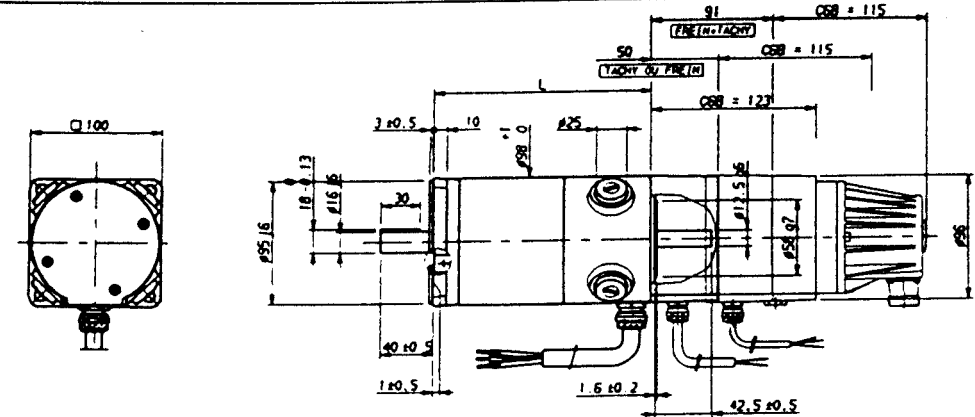
TYPE	RX120	RX130
L mm	122.5	147.5



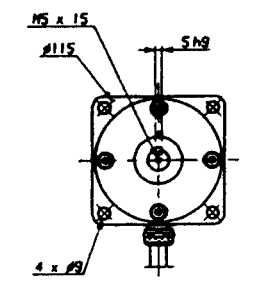
RX3



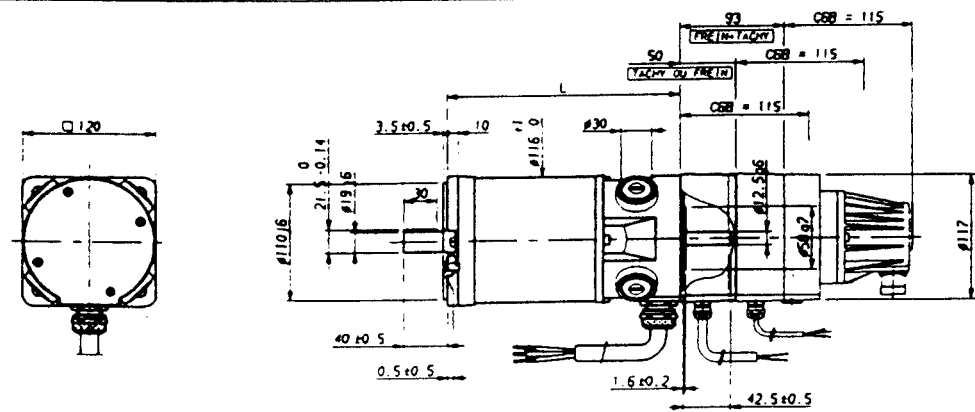
TYPE	RX320	RX330
L mm	178.5	218.5



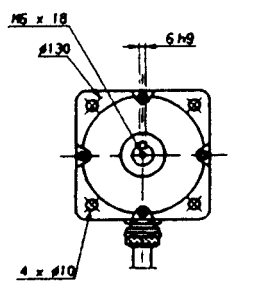
RX5



TYPE	RX520	RX530
L mm	216	266

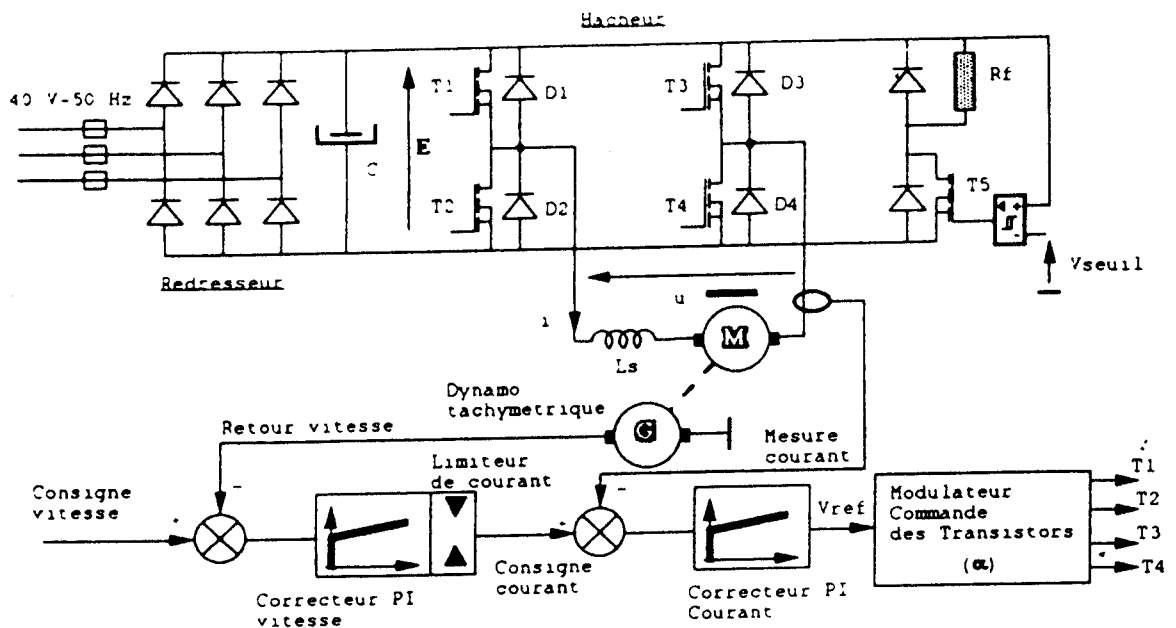


RX6



TYPE	RX620	RX630
L mm	272	358

## A : Diagramme structurel



- L'alimentation à partir du réseau alternatif est réalisée par le redresseur à diodes. Ce convertisseur se comporte, vis à vis du hacheur, comme une source de tension non réversible en courant. Toutefois, le condensateur C assure une réversibilité en courant transitoire. Pendant les phases de freinage, la machine à courant continu renvoie de l'énergie au condensateur C. Lorsque la tension aux bornes du condensateur dépasse un seuil préétabli ( $V_{seuil}$ ), le transistor T5 se sature et la résistance  $R_f$  permet de dissiper l'énergie restituée par la machine.

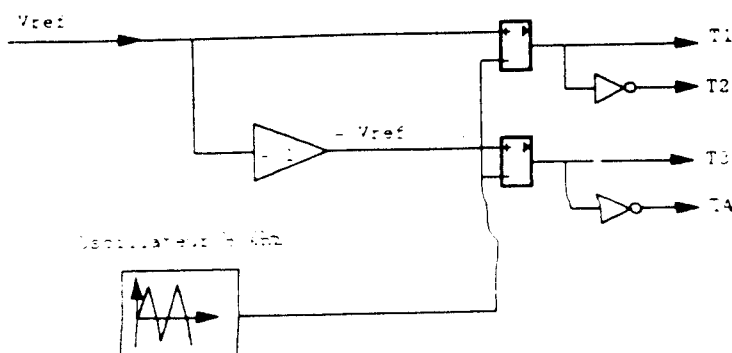
- Le hacheur permet de faire varier la tension moyenne aux bornes du moteur, il est constitué par les transistors MOS T1, T2, T3 et T4 et des diodes D1, D2, D3 et D4.

**NOTA :** les transistors MOS possèdent par construction une diode entre Source et Drain.

A excitation constante (c'est le cas des machines à aimant permanent), la tension moyenne aux bornes du moteur ( $U_{moy}$ ) est l'image de la vitesse ( $r.l \ll E'$ ) et le courant d'induit ( $i$ ) est l'image du couple.

## B : Principe de commande du hacheur

- Le contrôle de la tension moyenne aux bornes du moteur s'effectue par une modulation + E, O ou O, - E. Par rapport à une modulation + E, - E, ce principe permet de réduire l'ondulation du courant d'induit.
- Pour obtenir une modulation + E, O ou O, - E, les signaux de commande des transistors sont élaborés de la façon suivante :

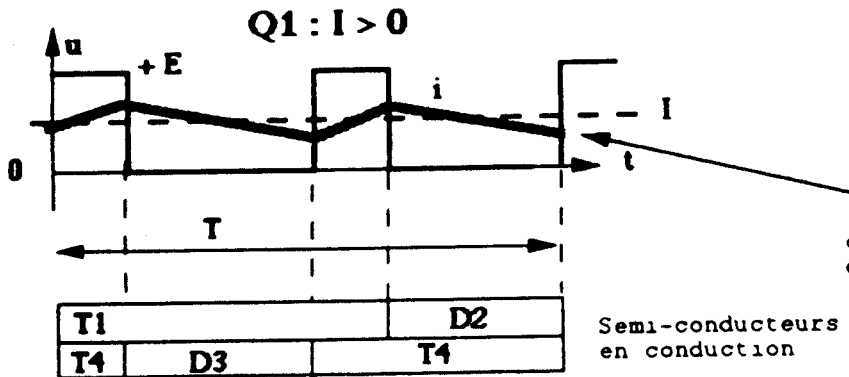
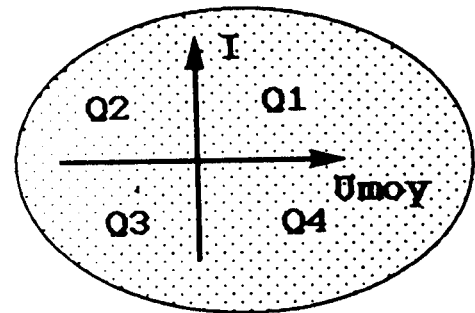


# ***Variateur de vitesse pour l'axe de levage : axe Z***

**Notice INFRANOR**

Quadrant n°1 et Quadrant n°4

$U_{moy} > 0$



\* L'inductance  $L_s$  et l'inductance de l'induit permettent le lissage du courant !

$I$  : valeur moyenne de  $i$

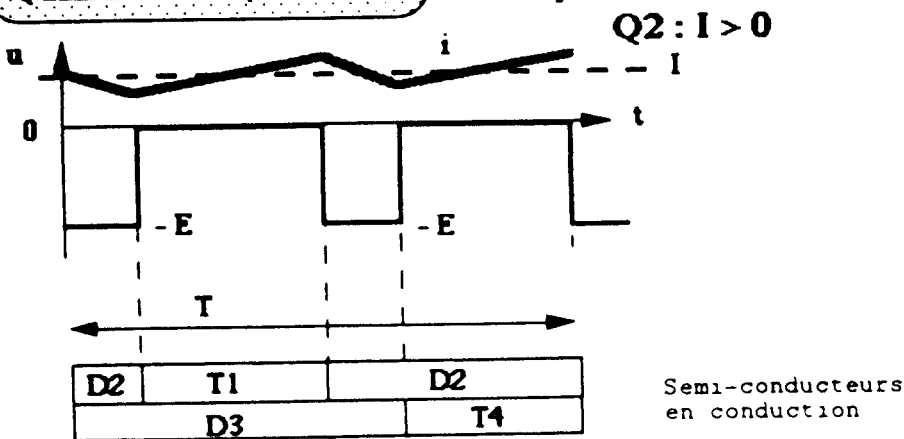
$U_{moy}$  : valeur moyenne de la tension aux bornes du moteur

$$U_{moy} = \alpha E$$

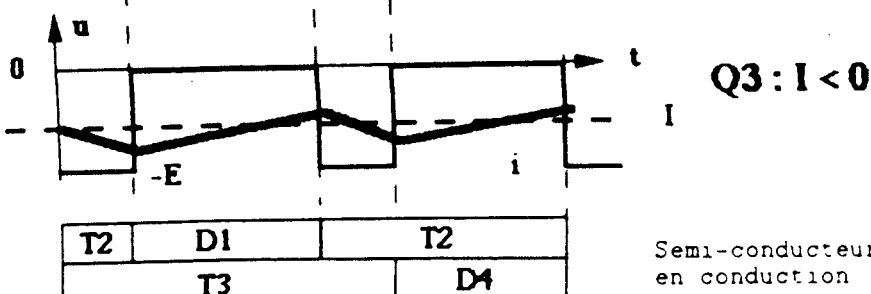
$$On a : \alpha E = E' + rI$$

Quadrant n°2 et Quadrant n°3

$U_{moy} < 0$

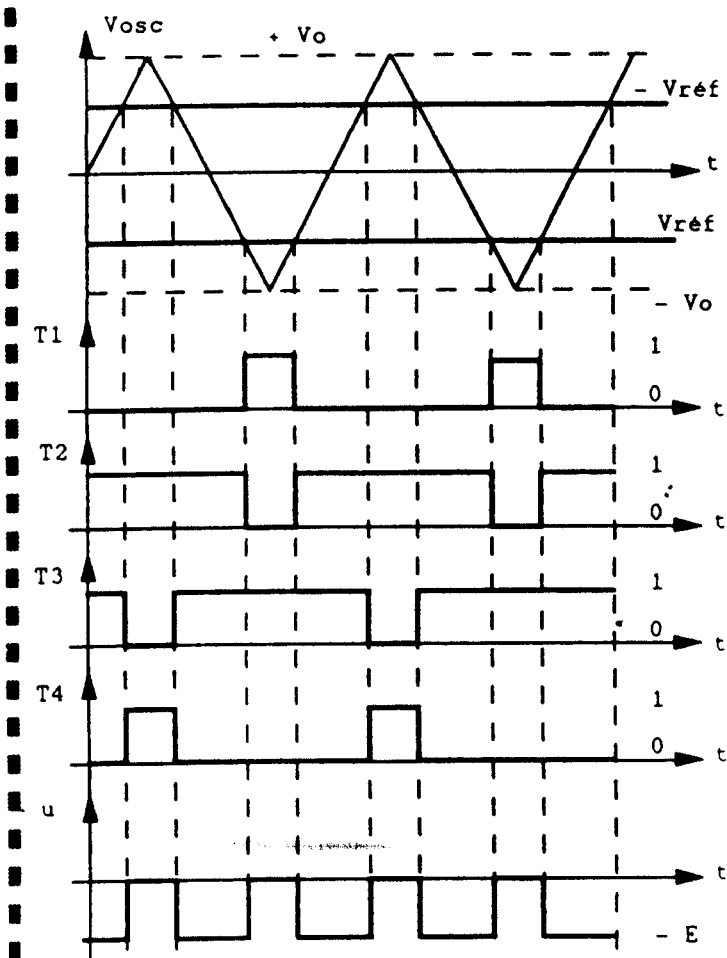
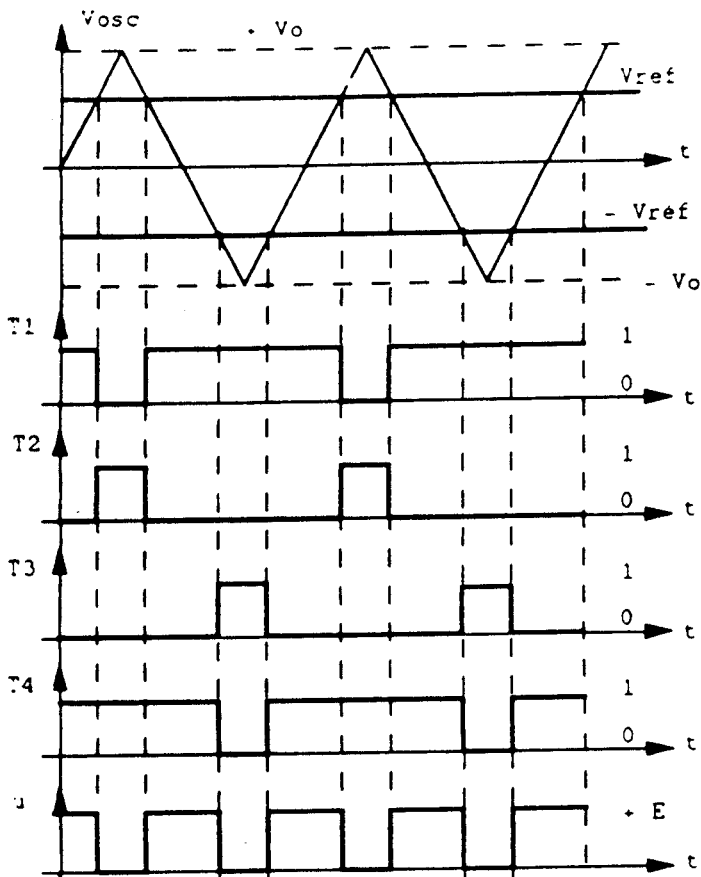


$E'$  : force électromotrice de la machine à courant continu.



$V_{réf} > 0$

$V_{réf} < 0$



Comande des transistors : 1  $\Rightarrow$  transistor commandé

0  $\Rightarrow$  transistor bloqué

• Valeur moyenne de la tension  $u$  :

$$U_{moy} = \alpha E$$

$$\alpha = \frac{V_{réf}}{V_0} \quad \alpha \in [-1, +1]$$

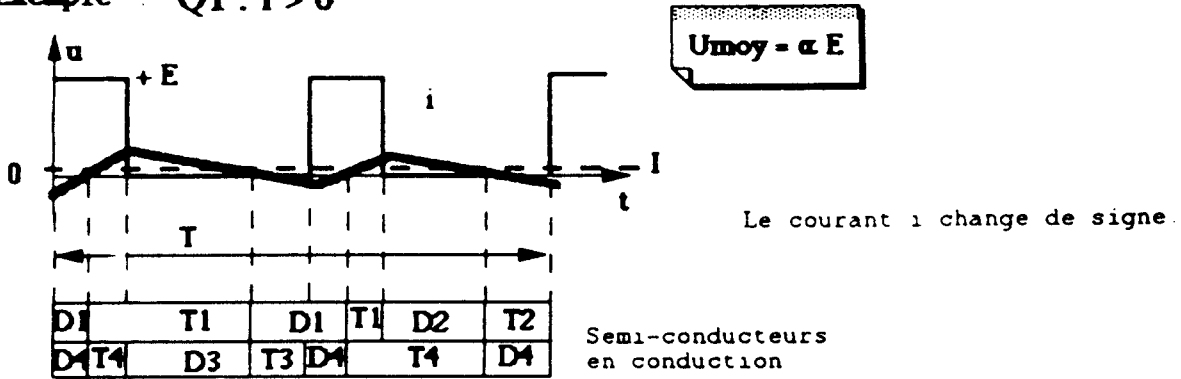
- $\alpha$  : Rapport entre la tension de commande  $V_{réf}$  et l'amplitude  $V_0$  du signal triangulaire
- La fréquence de  $u(t)$  est le double de la fréquence de commande des transistors, soit 16 kHz



Remarque 1 : fonctionnement à faible couple

Exemple :  $Q1 : I > 0$

Exemple :  $Q1 : I > 0$



Remarque 2 : ondulation du courant

• L'ondulation du courant d'induit  $i$  s'exprime par

$$\Delta_i = \frac{E}{2fL} | \alpha | (1 - | \alpha |)$$
 (ici  $f = 8\text{kHz}$ )  $(0 < | \alpha | < 1)$

Où  $L$  est la somme de l'inductance de l'induit et de l'inductance de lissage  $L_s$ .

• L'échauffement du moteur est lié à la valeur efficace du courant d'induit. A valeur moyenne constante, la valeur efficace du courant est d'autant plus élevée que l'ondulation de courant  $\Delta_i$  est élevée. L'échauffement sera donc plus faible si on minimise  $\Delta_i$ . Pour cela, on pourra augmenter la valeur de  $L$  et/ou la fréquence de découpage de la tension de sortie du hacheur. Il est donc intéressant d'utiliser une modulation  $+E, 0, -E$  où la fréquence de la tension de sortie du hacheur  $u(t)$  est le double de la fréquence de commande des transistors.

• Dans le cas d'une modulation de type  $+E, -E$  (carte Parvex) l'ondulation du courant  $i$  a pour expression :

$$\Delta_i = \frac{2E}{fL} \mathcal{R}(1 - \mathcal{R})$$
 ( $\mathcal{R}$  : Rapport cyclique ;  $0 < \mathcal{R} < 1$ )

• On voit qu'à ondulation de courant égale et fréquence de commande égale, la modulation  $+E, 0, -E$  permet de diviser  $L$  par 4.

# Mini-variateur de vitesse

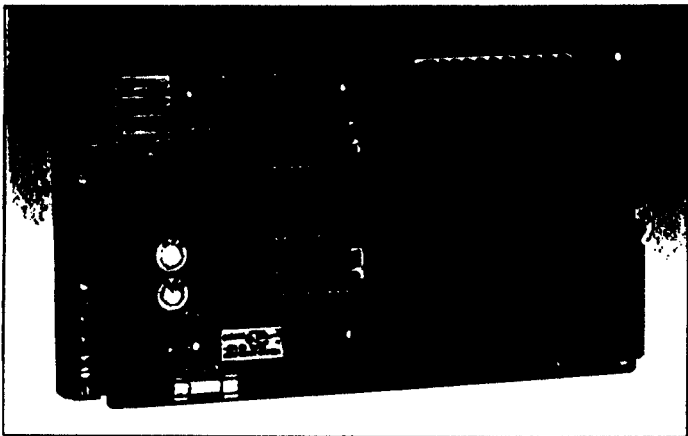
INFRANOR, a développé les mini-variateurs MSM, afin de permettre l'utilisation aux caractéristiques dynamiques des petits servo-moteurs courant-continu. Pour des asservissements a plusieurs moteurs, les mini-variateurs MSM pourront être alimentés simultanément par le même bus de tension continue de puissance.

Les variateurs sont du type 4 quadrants et fonctionnent selon le principe de la modulation en durée des impulsions (PWD). Des courants de crête ( $I_{dyn}$ ) jusqu'à 2 s. du double de l'intensité nominale permettent des accélérations et décélérations très courtes des servo-moteurs asservis.

Afin de protéger efficacement moteur et mécanique contre toute surcharge, un circuit calculateur limite, lors de sollicitations accrues, le courant nominal pré-régulé du moteur à sa valeur efficace. Toutes les fonctions de sécurité intégrées aux mini-variateurs sont directement dérivées de la technique éprouvée de longue date dans les variateurs INFRA-NOR de plus grande puissance.

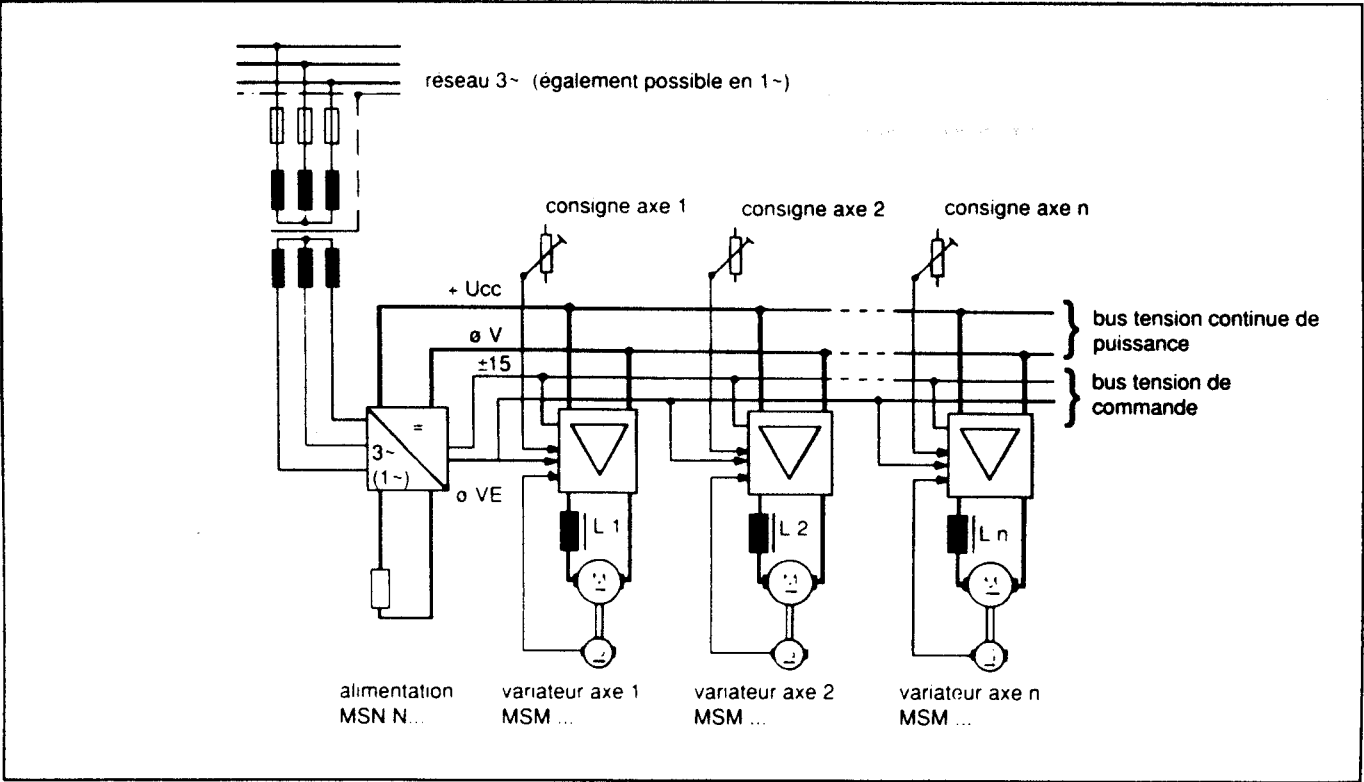
Les mini-variateurs de la série MSM... sont prévus pour être montés dans un châssis simple europe selon DIN 41494 (3 unités de hauteur = 100 mm). Le raccordement en face avant sur bloc bornier à vis, embrochable, autorise une combinaison aisée avec tout autre composant au format 3 U simple europe.

Les versions MSME (1 axe) et MSMD (2 axes) au format carte double europe 6 U sont combinables au sein d'un même tiroir 6 U avec les variateurs INFRANOR de puissance et tension plus élevées. Les mini-variateurs avec alimentation intégrée permettent en outre une multitude de combinaisons de petits moteurs avec des moteurs de taille plus grande, tout en fournissant une solution optimale d'adaptation des tensions moteur respectives.



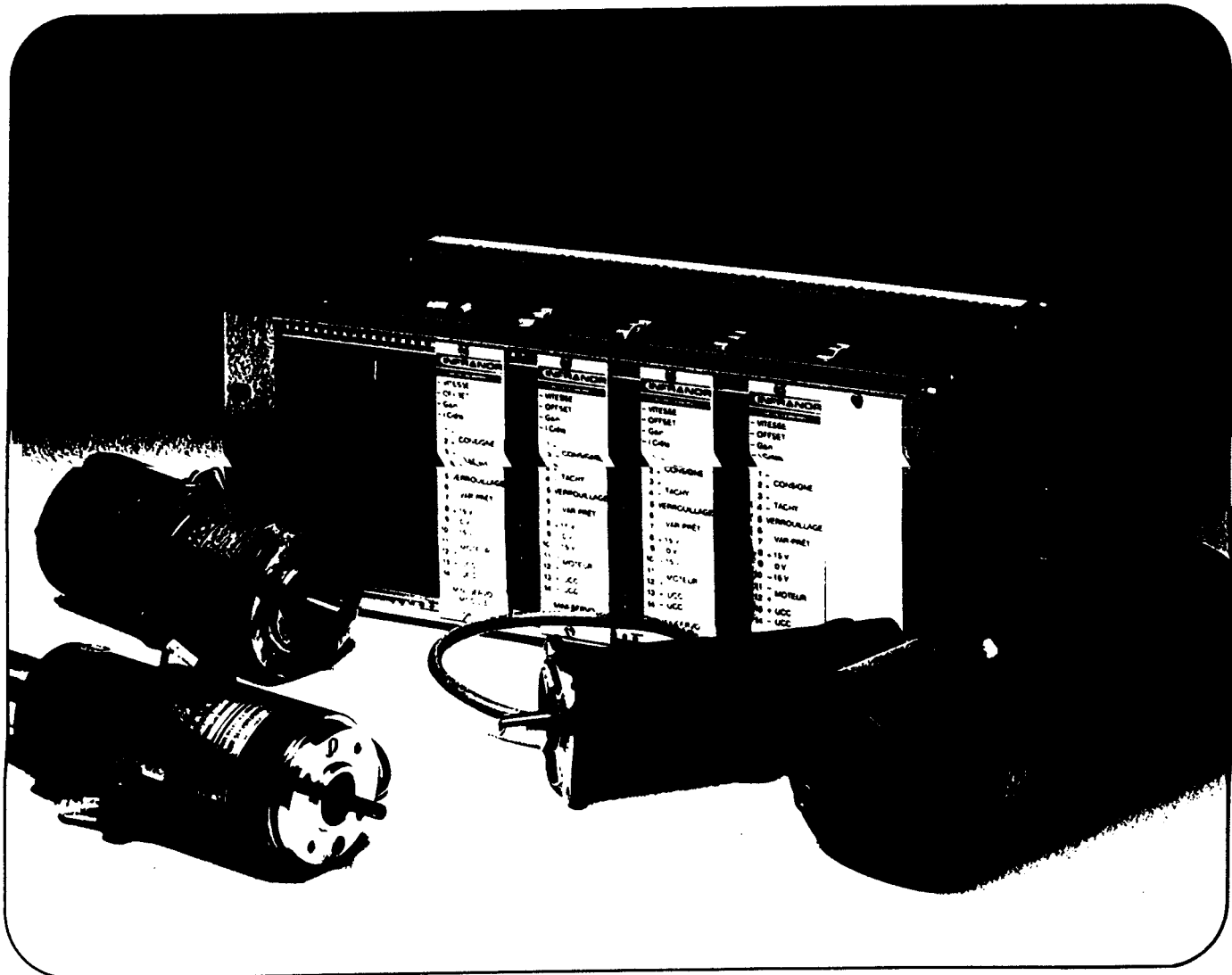
**▲ Mini-variateur MSM...**  
Le mini-variateur MSM comprend un module MSM de base monté sur une carte format europe 3 U (100 x 160 mm)

**▼ Asservissement multi-moteurs**  
L'alimentation de plusieurs mini-variateurs MSM par un même bus tension continue de puissance, permet un échange d'énergie entre les moteurs



## MINI-VARIATEURS DE VITESSE pour moteurs à courant continu

### système MSM



# Principe de fonctionnement

## Régulation de vitesse

Les entrees consigne et tachy sont du type entrees différentielles. L'adaptation tension tachy se fait avec le potentiometre R 120. Consigne et tachy sont soustraits au point de sommation SU1. Cette difference est transformée par le régulateur PID de vitesse, en consigne de courant. Le gain est ajustable par modification de la valeur du condensateur monté à cet effet sur picots de soudure voir shuntable par commande extérieure lors d'utilisation de l'option "MSM OPT".

## Régulation de courant

La consigne courant sera influencée par les logiques de limitation et d'élévation au carré, avant d'être injectée dans le régulateur PID de courant. La limitation de courant est ajustable sur le potentiometre R123 (courant max. d'induit) et R125 pour la valeur efficace lors de sollicitations accrues (en général, réglé au courant nominal du moteur). Pour d'autres réglages et adaptations tels compensation R<sub>x1</sub> (uniquement pour moteur sans tachy) ou I<sub>f</sub>(n) se référer au manuel spécifique d'utilisation. La mesure du courant moteur est faite par shunt monté directement en sortie de l'étage de puissance. Un convertisseur de mesure genere un signal normalisé moniteur courant référencé à la masse, lequel est accessible pour mesure externe sur X.2.4.

**PWD (modulation en durée des signaux)**, commande étage de puissance

La sortie du régulateur de courant forme la grandeur de commande pour l'étage PWD. Ce signal comparé à une tension

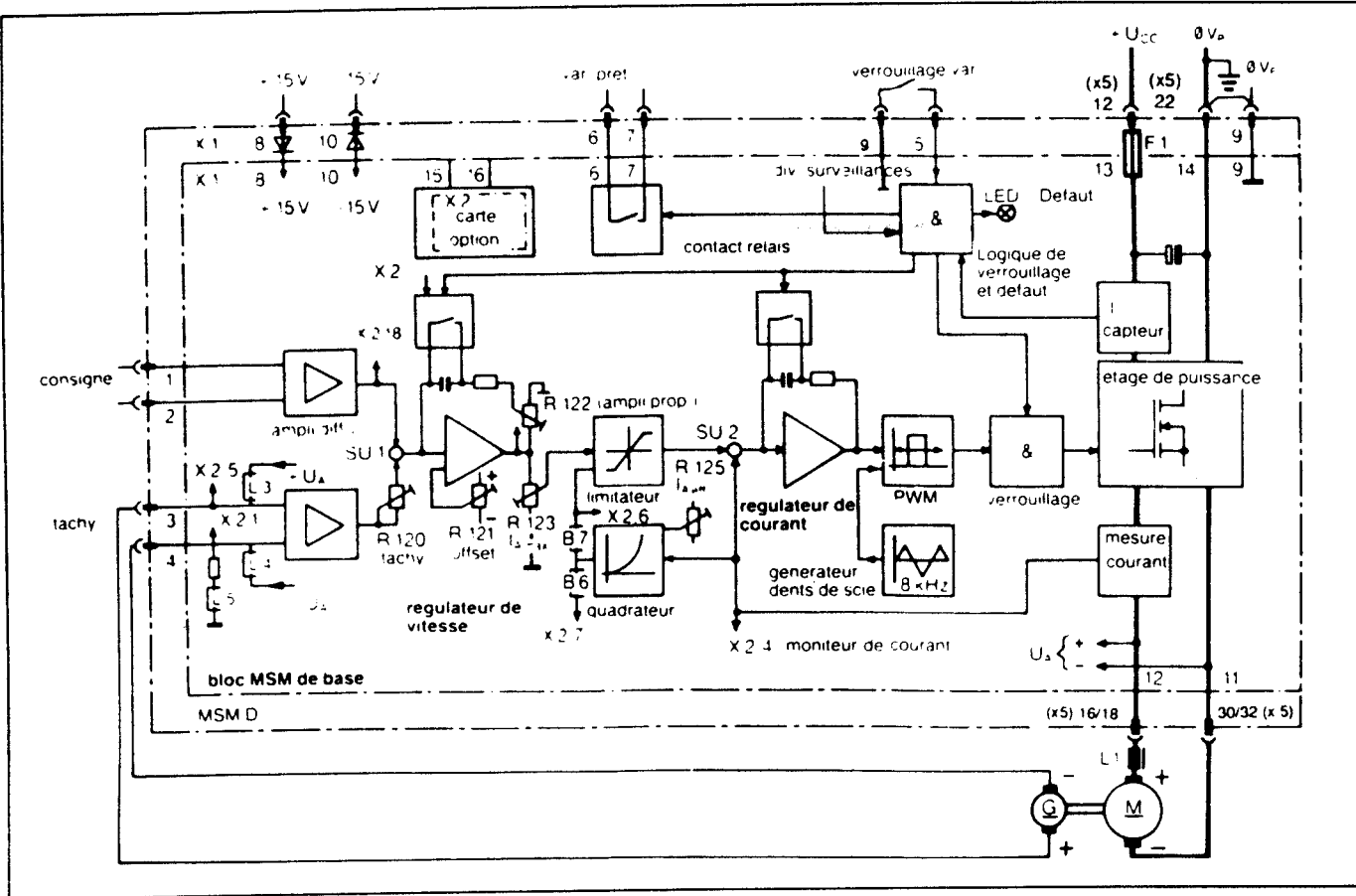
issue d'un générateur de tension en dents de scie engendrera des signaux rectangulaires de durée variable qui commanderont séparément chacun des 4 transistors de puissance. La logique de verrouillage permettant d'inhiber la commande de l'étage de puissance. Selon la durée d'enclenchement de chacun des transistors de puissance, la tension continue de puissance sera découpée à la fréquence de 8 kHz en blocs de tension de durée proportionnelle aux signaux rectangulaires de commande. La valeur moyenne de tous ces blocs de tension forme la tension variable d'alimentation du servo-moteur.

Par rapport à une traditionnelle commande en diagonale des transistors de puissance, le principe utilisé de la superposition des signaux de commande a pour effet de doubler à 16 kHz la fréquence de découpage du courant moteur, ce qui se traduit par l'absence totale du sifflement caractéristique des selfs de lissage. Autre avantage : pas de courant dans l'induit ni d'échauffement moteur à l'arrêt et hors charge de celui-ci.

## Module option "MSM OPT"

Tous les signaux importants de régulation sont ramenés sur les connecteurs X2. De ce fait, il est possible par simple connexion de modules option d'intégrer de nombreuses fonctions auxiliaires voire spécifiques client, au mini-variateur MSM telles par exemple, logique fin de course, fonction I<sub>f</sub>(n), intégrateur consigne vitesse (rampe), système PLS (Programmable Limit Switch), etc... Possibilité de fonctions auxiliaires sur spécifications client. Nous consulter.

**Module MSM de base**  
Toutes les fonctions principales sont regroupées sur le module MSM de base. Chaque module de base nécessite une source puissance +/- 15V=



# Caractéristiques techniques

## Etage de puissance

- Tension d'alimentation
  - modèle ... 06 10 ... 65 V =
  - modèle ... 12 30 ... 130 V =
- Détection surtension
  - modèle ... 06 80 V =
  - modèle ... 12 160 V =
- Fréquence de découpage 16 kHz
- Facteur de forme 1,01 (à courant nominal)
- Inductance 1,1 mH
- Sécurité court-circuit totale

## Régulation de vitesse

- Entrée de consigne
  - entrée différentielle  $\pm 10$  V
  - consigne max.  $\pm 24$  V
  - résistance interne 20 kOhms
  - réglable  $\pm 10$  V ...  $\pm 70$  V
  - résistance interne 54 kOhms
  - PI
  - réglable par potentiomètre
  - réglable par échelons
  - 1 : 20000
- Entrée tachy
  - $\pm 0,1$  %
  - $\pm 2$  %
  - $\pm 5$  %
- Régulation boucle vitesse
- Gain
- Intégrale
- Plage de vitesse
- Taux d'ondulation
  - 30 ... 3000 tr/mm
  - 1 ... 30 tr/mm
  - < 1 tr/mm

## Régulation de courant

- Bande passante 1 kHz
- Régulation boucle courant PI
- Limitation de courant 1  $I^2 t$  efficace
- Limitation de courant 2 courant d'induit max.
- Limitation de courant 3 pour options
- Verrouillage borne 5 à la masse

## Signalisation

- Sortie variateur prêt
- Contact de sortie

contact fermé entre bornes 6 et 7  
125 V- / 125 V~  
35 W / 60 VA

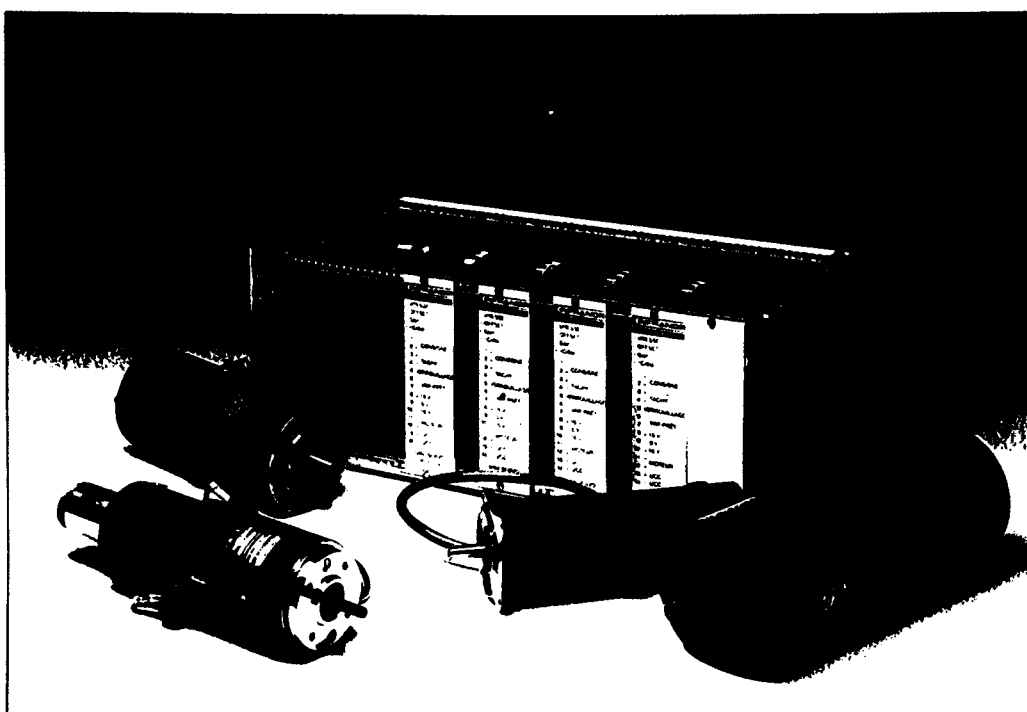
## Autres caractéristiques

- Température ambiante  $0^\circ \dots 45^\circ\text{C}$
- Plage de température  $-10^\circ\text{C} \dots +60^\circ\text{C}$
- Correction de température 2% k
- Ventilation, modèle...06
  - <6 A convection naturelle
  - >6 A ventilation forcée
- Protection carte seule IP 00
- en châssis IP 20
- Classe d'isolation C selon VDE 0110
- Poids 0,4 kg (MSM)  
0,9 kg (MSM D)

## Module option "MSM OPT", comprenant les fonctions :

- Limitation externe de courant
- Fonction  $I_f(n)$
- Rampe consigne
- Logique : fin de course
- Circuit PLS (Programmable Limit Switch)

► Mini-variateur de vitesse MSM  
Pour l'alimentation simultanée de plusieurs micro-moteurs courant continu : montage en châssis europe 3 U



# Specification des modules

## MINI-VARIATEUR mono-axe format carte simple europe (160 x 100 mm)

Type	Alimentation		Sortie moteur			Self de lissage
	Puissance V=	Logique	Tension nominale Un	Courant nominal In	Courant Crête 2 s. I crête	
MSM 0606	10 ... 65 V =	+15 V / -15 V	0 ... 60 V =	6 A	12 A	externe
MSM 0608	10 ... 65 V =	+ 15 V / -15 V	0 ... 60 V =	8 A	16 A	externe
MSM 1207	20 ... 130 V =	+ 15 V / -15 V	0 ... 120 V =	7 A	14 A	externe

## Module alimentation pour système multi-axes MSM. Carte simple europe (160 x 100 cm)

Type	Alimentation V3~(1~)	Sorties						Décharge sur résistance
		Puissance			Logique		Capacité	Seuil V =
		Up	Ip nom.	Ip max.	U 1	I 1		
MSMN 06	16 ... 43 V ~	22 ... 60 V =	19 A	25 A	+/-15 V =	+/- 200 mA	jusqu'à 4 axes var.	70 V =
MSMN 12	30 ... 90 V ~	40 ... 120 V =	19 A	25 A	+/- 5 %			140 V =

MSMN 06 : résistance de décharge 16 Ohms/50 W non livrée en standard

MSMN 12 : résistance de décharge 24 Ohms/50 W non livrée en standard

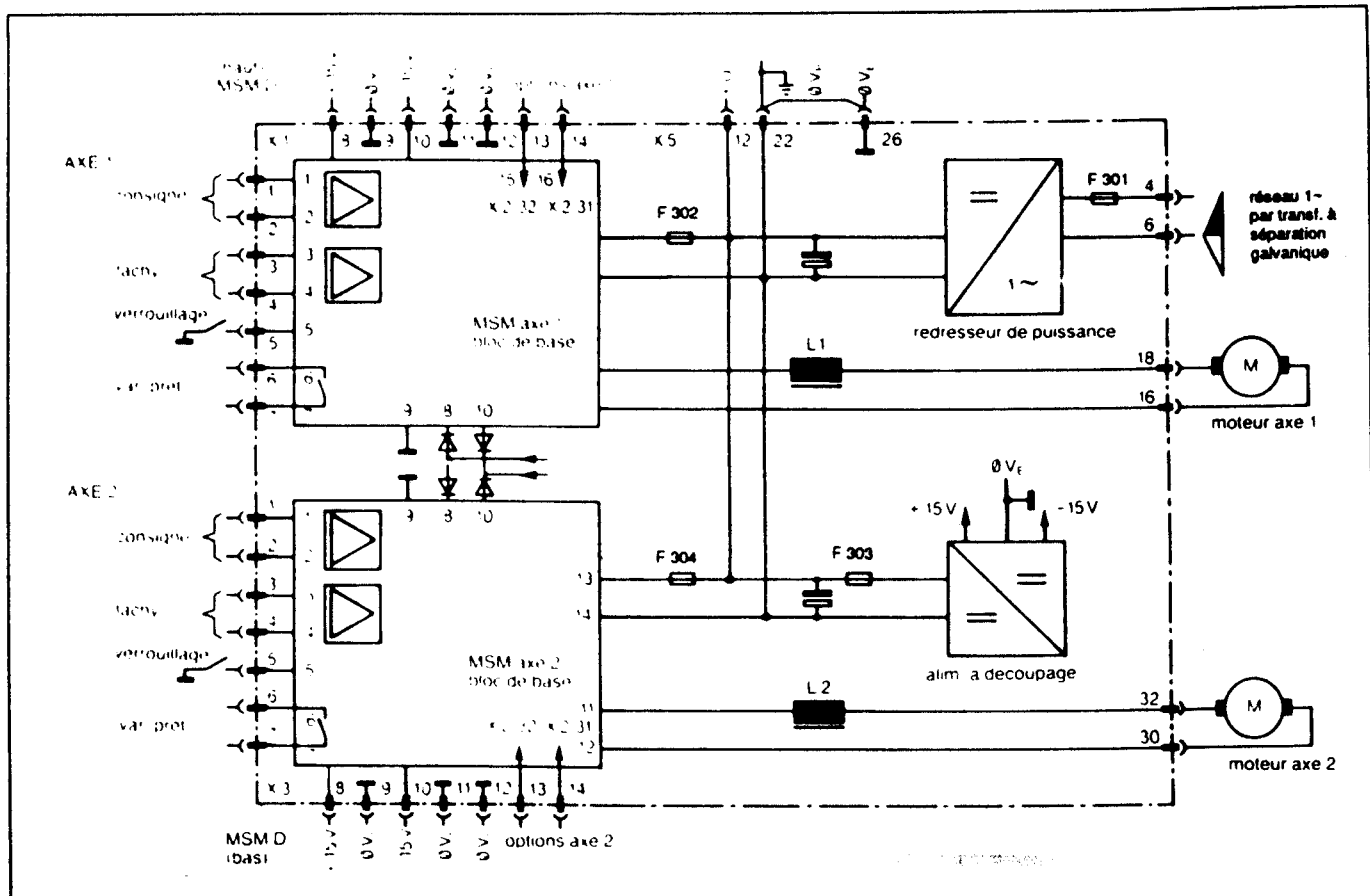
## MINI-VARIATEUR mono-axe format carte double europe (220x235 mm)

Type	Alimentation		Sortie moteur			Self de lissage
	Puissance V=	Commande +/-15V	Tension nominale Un	Courant nominal In	Courant Crête 2 s. I crête	
MSME 0606	24 ... 65 V =	externe	0 ... 60 V =	6 A	12 A	intégrée
MSME 0608	24 ... 65 V =	externe	0 ... 60 V =	8 A	16 A	intégrée
MSME 1207	20 ... 130 V =	externe	0 ... 120 V =	7 A	14 A	intégrée
	V 3~(1~)					
MSMEN 0606	18 ... 46 V ~	interne	0 ... 60 V =	6 A	12 A	intégrée
MSMEN 0608	18 ... 46 V ~	interne	0 ... 60 V =	8 A	16 A	intégrée
MSMEN 1207	30 ... 90 V ~	interne	0 ... 120 V =	7 A	14 A	intégrée

## MINI-VARIATEUR double axe format carte double europe (220x235 mm)

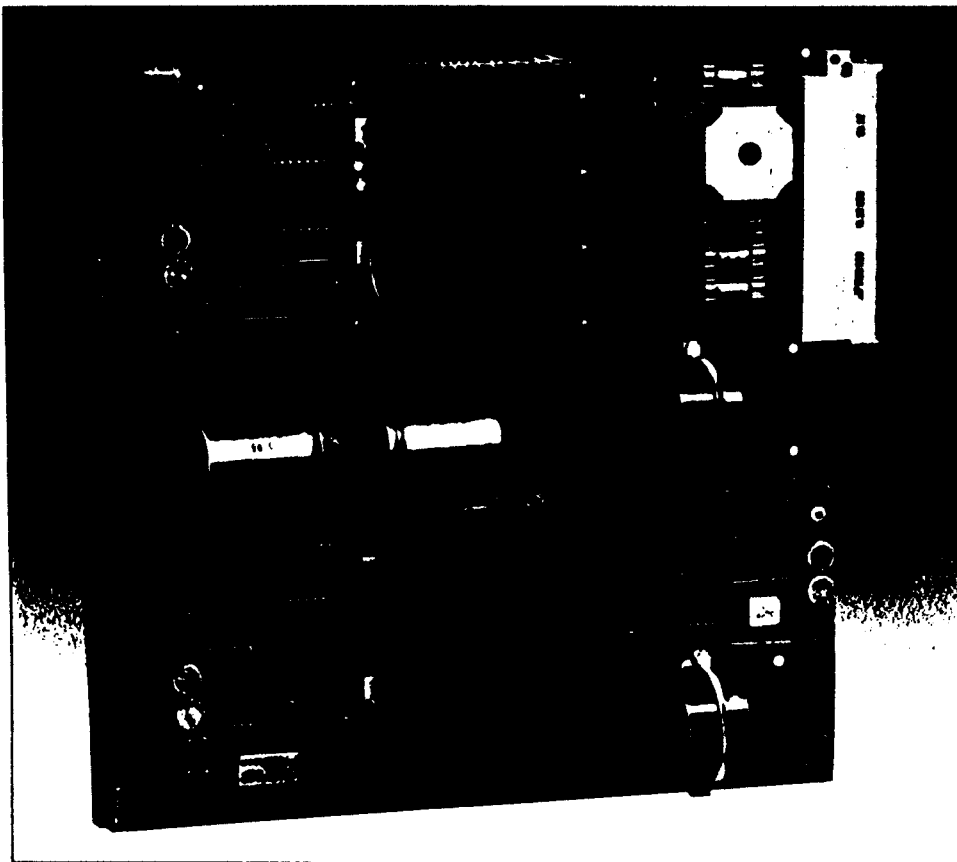
Type	Alimentation		Sorties moteurs (Axe 1 et 2)						Self de lissage
	Puissance  V=	Commande  ± 15 V	Tension nominale  Un	Courant nominal  In		Courant Crête 2 s. I crête			
				Axe 1	Axe 2	Axe 1	Axe 2		
MSM D 0606 06	24 ... 65 V =	externe	2 x 0 ... 60 V =	6 A	6 A	12 A	12 A	intégrées intégrées intégrées	
MSM D 0608 08	24 ... 65 V =	externe	2 x 0 ... 60 V =	8 A	8 A	16 A	16 A		
MSM D 1207 07	30 ... 130 V =	externe	2 x 0 ... 120 V =	7 A	7 A	14 A	14 A		
	V3-(1-)								
MSMDN 0606 06	18 ... 46 V ~	interne	2 x 0 ... 60 V =	6 A	6 A	12 A	12 A	intégrées intégrées intégrées	
MSMDN 0608 08	18 ... 46 V ~	interne	2 x 0 ... 60 V =	8 A	8 A	16 A	16 A		
MSMDN 1207 07	30 ... 90 V ~	interne	2 x 0 ... 120 V =	7 A	7 A	14 A	14 A		

# Mini-variateur double europe



## ▲ Mini-variateur MSM DN.../...

Le schéma d'ensemble représente les deux modules MSM de base complétés avec les éléments périphériques d'alimentation. En version 1 axe le module MSM du haut est supprimé et la carte prendra les références MSM E. Les  $\pm 15V$  de commande seront générés directement à partir de la puissance  $+U_{cc}$  par une alimentation à découpage interne à chaque module MSM DN.../... et MSM EN.../...



## ◀ Mini-variateur MSM DN.../...

Le mini-variateur MSM DN est en fait un double variateur de vitesse pour la commande indépendante de deux moteurs. Il comprend deux modules MSM de base ainsi que l'alimentation  $\pm 15V$  à découpage