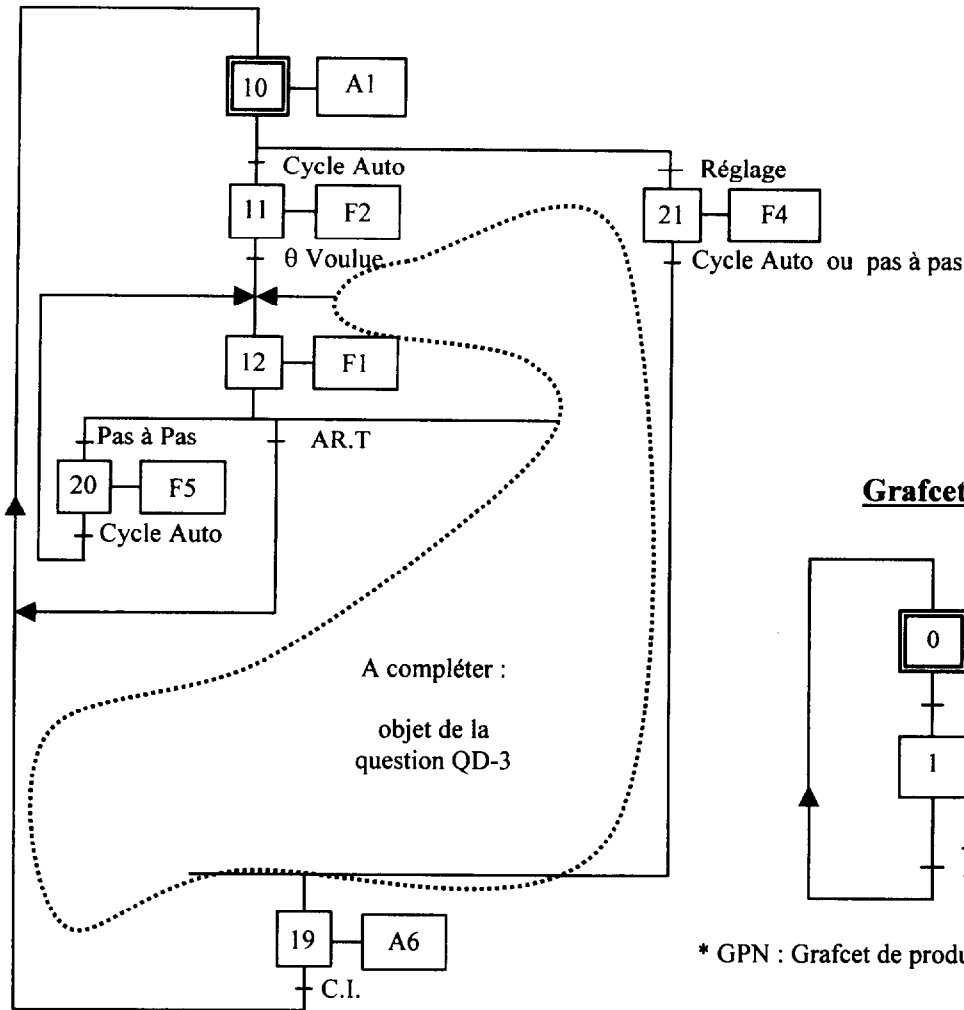
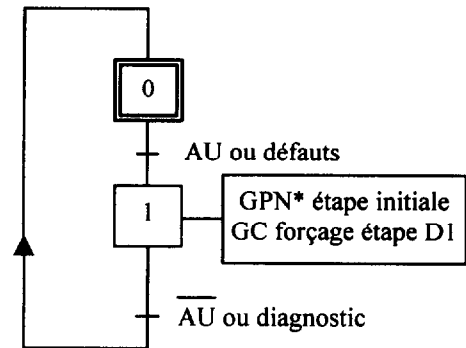


**Grafcet de conduite : GC du four N° 1**



**Grafcet de sécurité**



\* GPN : Grafcet de production normale

**Définition des transitions du Gemma**

Désignation	Fonction	Type	Désignation	Fonction	Type
ARU	Arrêt d'urgence.	Coup de poing à verrouillage.	θ Voulu	Seuil de fin de montée en température de préchauffage.	Variable interne A.P.I.
Diag.	Diagnostic.	Bouton poussoir procédure de diagnostic.	Déf.	Somme des défauts système.	Variable interne A.P.I.
AR.T	Arrêt total du four.	Commutateur trois positions à clé. Une position 0.	C.I.	Conditions initiales : état repos de l'ensemble du système four.	Variable interne A.P.I.
AR.P	Arrêt partiel du four.				
Cycle Auto	Permet de sélectionner les trois modes de fonctionnement du four.	Commutateur trois positions.			
Réglage					
Pas à pas					

## Moteurs asynchrones triphasés fermés LEROY SOMER

### Carter alliage d'aluminium

#### Caractéristiques électriques

**4**  
Pôles  
1500 min<sup>-1</sup>

**IP 55 - S1**  
**Cl. F - ΔT 80 K**  
**MULTI-TENSION**

**RESEAU 380 V 50 Hz**

Type	Puissance nominale à 50 Hz	Vitesse nominale	Couple nominal	Intensité nominale	Facteur de puissance	Rendement	Courant démarrage / courant nominal	Couple démarrage / couple nominal	Couple maximal / couple nominal	Puissance apparente nominale	Moment d'inertie	Masse
	P <sub>N</sub> kW	N <sub>N</sub> min <sup>-1</sup>	C <sub>N</sub> Nm	I <sub>N</sub> A	Cos φ	η %	I <sub>D</sub> / I <sub>N</sub>	C <sub>D</sub> / C <sub>N</sub>	C <sub>M</sub> / C <sub>N</sub>	kVA <sub>N</sub>	J kg.m <sup>2</sup>	IM B3 kg
LS 132 S	5,5	1420	36,7	12	0,85	81	6,4	2,3	2,6	8,2	0,018	38,7
LS 132 M	7,5	1445	49,4	15,8	0,85	85	7,7	2,7	3,1	10,5	0,024	54,7
LS 132 M	9	1445	59,3	18,3	0,87	86	7,1	2,1	3	12,7	0,029	59,9
LS 160 MP	11	1450	72,2	21,5	0,88	88,5	7,7	2,8	3,4	14,6	0,039	70
LS 160 LR	15	1444	98,8	29,6	0,87	88,5	7,5	2,9	3,3	19,9	0,047	78
LS 180 MT	18,5	1445	121,9	36,2	0,87	89,3	7,4	2,9	3,3	24,6	0,085	100
LS 180 LR	22	1445	145	43,5	0,86	89,3	7,4	3,2	3,5	29,2	0,098	110
LS 200 LT	30	1450	196,3	56,8	0,89	90,1	6,6	2,7	2,6	38,1	0,151	170
LS 225 ST	37	1465	240,5	70	0,87	92,0	6,5	2,6	2,6	47,1	0,23	205
LS 225 MR	45	1465	292,5	84	0,88	92,5	6,5	2,8	2,6	56,4	0,28	235
LS 250 MP	55	1475	355	102	0,87	93,9	6,7	2,6	2,5	68,8	0,75	340
LS 280 SP	75	1480	484,2	140	0,86	94,8	6,9	2,6	2,7	93,1	1,28	445
LS 280 MP	90	1485	579	169	0,85	95,0	7,6	2,9	2,9	111,5	1,45	490
LS 315 SP	110	1485	706,3	204	0,86	95,3	7,8	2,9	2,8	133,9	2,74	720
LS 315 MR	132	1485	847,5	244	0,86	95,5	8,1	3,1	3,3	162,4	2,95	785
LS 315 MR	160	1485	1027,3	285	0,89	95,8	8,4	3,0	3,3	191,4	3,37	855

#### Désignation complète du moteur

*exemple :*

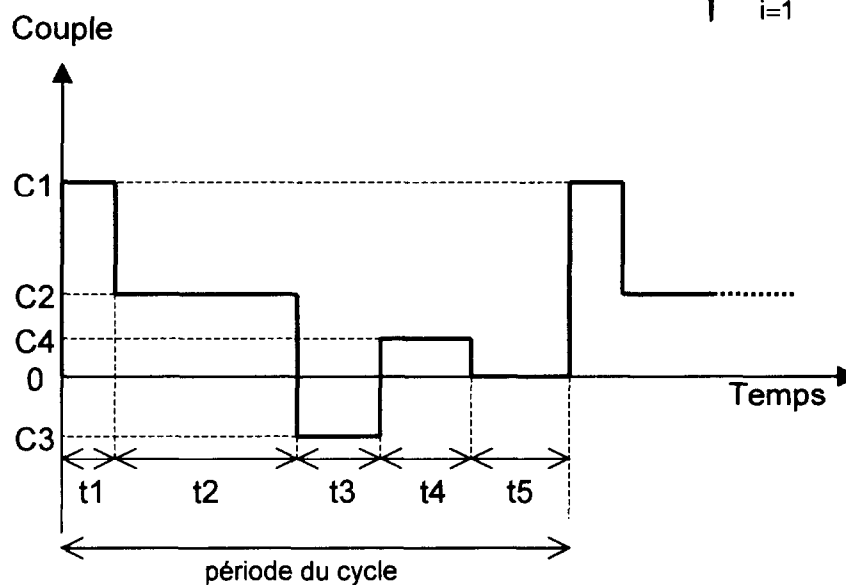
<b>4P</b> 1500 min <sup>-1</sup>	<b>LS</b>	<b>180</b>	<b>MT</b>	<b>18,5</b> kW	<b>IM1001</b> IM B3	<b>230 /</b> <b>400 V</b>	<b>50 Hz</b>	<b>IP 55</b>
Polarité(s) vitesse(s)	Désignation de la série	Hauteur d'axe CEI 72	Désignation du carter et indice constructeur	Puissance nominale	Forme de construction CEI 34-7	Tension réseau	Fréquence réseau	Protection CEI 34-5

## Choix d'un moteur asynchrone en cycle intermittent : (moteur motoventilé et alimenté à flux constant)

Lorsque le couple varie lors d'un cycle, on calcule le couple thermiquement équivalent  $C_{th}$

$$C_{th} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} C_i^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^{i=n} t_i}}$$

Exemple de cycle :



$$C_{th} = \sqrt{\frac{C_1^2 \cdot t_1 + C_2^2 \cdot t_2 + C_3^2 \cdot t_3 + C_4^2 \cdot t_4 + C_5^2 \cdot t_5}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}}$$

Le couple moteur nominal  $C_N$ , défini généralement pour un service S1 doit être supérieur à  $C_{th}$ .

On n'utilise jamais un moteur trop près de son couple de décrochage  $C_M$  (couple moteur maximum) : l'indication du constructeur comporte une tolérance, et le moindre à-coup mécanique entraînerait un décrochage.

En général, on prend une marge de 30%. Donc  $C_M > 1,3 \cdot |C_{max}|$   
(dans l'exemple,  $|C_{max}| = C_1$ ).

On effectue un choix de moteur en tenant compte des déclassements éventuels (température ambiante, altitude). La vitesse de synchronisme du moteur doit être proche de la vitesse maximale.

Pour tenir compte de l'échauffement du moteur dû au passage du courant magnétisant, il est recommandé de reprendre le calcul de  $C_{th}$  en remplaçant toutes les valeurs de couple inférieures en valeur absolue à  $0,5 C_N$  par la valeur  $0,5 C_N$ .

Cette règle ne s'applique pas si le moteur n'est pas alimenté.

On vérifie ensuite que  $C_N > C_{th}$ .

## Choix du variateur de vitesse associé au moteur asynchrone (motoventilé et alimenté à flux constant)

Il doit au moins pouvoir fournir la tension nominale du moteur.

Calcul du courant nominal  $I_{n_{var}}$  :

$$I_{n_{var}} > I_{th} \quad \text{avec} \quad I_{th} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} I_i^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^{i=n} t_i}}$$

$I_i$  correspond au courant moteur efficace durant le temps  $t_i$ .

$I_i$  se calcule comme suit :

Soit  $C$  le couple moteur et  $C_N$  son couple nominal.

Soit  $I_N$  le courant nominal moteur et  $\varphi_N$  le déphasage nominal (pour  $C_N$ ).

$$I_i = \sqrt{(I_N \cdot \sin \varphi_N)^2 + \left( I_N \cdot \frac{C}{C_N} \cdot \cos \varphi_N \right)^2}$$

De plus  $I_i$  est limité à une valeur maximale par le variateur :

$I_i$  doit être inférieur à 1,75 fois le courant nominal variateur (mode contrôle vectoriel en boucle fermée), et ce pendant 4 s.

$I_i$  doit être inférieur à 1,5 fois le courant nominal variateur et ce pendant 60 s.

**Exemple de choix moteur et variateur :**

fréquence de rotation variable de 0 à 1400 tr/min et  $U = 380$  V triphasé.

$C_1 = 100$  Nm pendant  $t_1 = 5$  s

$C_2 = 50$  Nm pendant  $t_2 = 20$  s

$C_3 = -15$  Nm pendant  $t_3 = 5$  s

$C_4 = 20$  Nm pendant  $t_4 = 10$  s

$C_5 = 0$  Nm pendant  $t_5 = 20$  s et moteur non alimenté.

$$C_{th} = \sqrt{\frac{100^2 \cdot 5 + 50^2 \cdot 20 + (-15)^2 \cdot 5 + 20^2 \cdot 10 + 0^2 \cdot 20}{5 + 20 + 5 + 10 + 20}} = 41,86 \text{ Nm}$$

$$|C_{max}| = 100 \text{ Nm}$$

Le moteur suivant :

4 pôles,  $N_N = 1445$  tr/min,  $I_N = 15,8$  A,  $\cos\varphi_N = 0,85$ ,  $C_N = 49,4$  Nm,  $C_M/C_N = 3,1$

et  $P_N = 7,5$  kW

convient a priori car

$C_N > C_{th}$  ( $49,4 > 41,86$ ) et  $C_M / 1,3 = (3,1 \cdot 49,4) / 1,3 = 117,8 \text{ Nm} > |C_{max}|$

Il convient de reprendre le calcul de  $C_{th}$  en remplaçant  $C_3$  et  $C_4$  par  $24,7$  Nm ( $C_N/2$ ).

$$C_{th} = \sqrt{\frac{100^2 \cdot 5 + 50^2 \cdot 20 + 24,7^2 \cdot 5 + 24,7^2 \cdot 10 + 0^2 \cdot 20}{5 + 20 + 5 + 10 + 20}} = 42,65 \text{ Nm}$$

On voit que le choix du moteur convient toujours :  $C_{th} < C_N$ .

**Choix du variateur associé :**

$$C = 100 \text{ Nm} \quad I = \sqrt{(15,8 \cdot 0,527)^2 + \left(15,8 \cdot \frac{100}{49,4} \cdot 0,85\right)^2} = 28,43 \text{ A}$$

$$C = 50 \text{ Nm} \quad I = 15,94 \text{ A}$$

$$C = -15 \text{ Nm} \quad I = 9,27 \text{ A}$$

$$C = 10 \text{ Nm} \quad I = 8,76 \text{ A}$$

$$C = 0 \quad I = 0 \text{ A (moteur non alimenté)}$$

$$I_{th} = \sqrt{\frac{28,43^2 \cdot 5 + 15,94^2 \cdot 20 + 9,27^2 \cdot 5 + 8,76^2 \cdot 10 + 0 \cdot 20}{5 + 20 + 5 + 10 + 20}} = 13,11 \text{ A}$$

Le variateur doit avoir un calibre supérieur à  $I_{th} = 13,11$  A

et doit accepter  $28,43$  A pendant 5 s.

Le choix se porte sur un variateur de 25 A.

## Variateur de vitesse pour moteurs asynchrones avec et sans retour et pour moteurs autosynchrones UMV 4301 (Leroy Somer)

### 1 - INFORMATIONS GÉNÉRALES

L'UMV 4301 est un variateur alternatif pour l'alimentation de moteurs asynchrones et de moteurs autosynchrones (Brushless).

L'UMV 4301 peut donc être configuré dans les différents modes de fonctionnement suivants :

• **Fonctionnement à contrôle vectoriel de flux sans retour :**

Grâce à sa puissance de calcul, le variateur contrôle séparément le courant magnétisant et le courant actif avec un moteur asynchrone standard. La vitesse et la position du rotor sont calculées pour contrôler le couple et la vitesse du moteur. Ce mode de fonctionnement permet, sans retour, d'obtenir des performances très élevées et convient donc à la majorité des applications.

• **Fonctionnement à contrôle vectoriel de flux avec retour :**

L'utilisation du mode de contrôle vectoriel de flux avec retour sur un moteur asynchrone standard équipé d'un codeur incrémental pour la position et la vitesse exacte du rotor, permet de mieux maîtriser le couple et la vitesse du moteur sur une plus grande plage de vitesse (y compris à la vitesse nulle) avec des performances dynamiques accrues.

• **Fonctionnement à contrôle tension fréquence (U/F) en boucle ouverte :**

Le variateur contrôle simultanément la tension et la fréquence aux bornes du moteur asynchrone. Ce mode de fonctionnement est utilisé pour les applications particulières pour lesquelles le contrôle vectoriel de flux sans retour ne permet pas d'obtenir les performances souhaitées (plusieurs moteurs alimentés par un seul variateur, etc...).

• **Fonctionnement pour moteur autosynchrone (Brushless) :**

L'utilisation du mode SERVO avec un moteur autosynchrone (moteur avec aimants permanents au rotor) et équipé d'un codeur incrémental ou d'un résolveur permet de très grandes performances dynamiques pour l'entraînement d'axes par exemple.

• **Module de puissance :**

Le variateur UMV 4301 utilise un pont onduleur à transistors IGBT.

Cette technologie de pointe diminue considérablement le bruit et l'échauffement du moteur à vitesse variable.

Les performances de l'UMV 4301 sont parfaitement compatibles avec une utilisation dans les 4 quadrants du plan-couple-vitesse.

Lors des périodes de fonctionnement en générateur, l'énergie restituée par le moteur est dissipée par des résistances.

### 2 - DÉSIGNATION DU PRODUIT

**UMV 4301 :** variateur de vitesse à contrôle tension fréquence (U/F), à contrôle vectoriel de flux sans ou avec retour, à contrôle pour moteur synchrone autopiloté.

**2,5** = Calibre en kVA sous 400V

**T** = Alimentation triphasée

**Variateur de vitesse pour moteurs asynchrones  
avec et sans retour et pour moteurs autosynchrones  
UMV 4301 (Leroy Somer)**

### 3 - CARACTÉRISTIQUES

#### 3.1 - Caractéristiques électriques principales

Alimentation d'entrée	Réseau triphasé 380V à 480V ± 10 %
Fréquence d'entrée	48Hz à 62Hz
Déséquilibre de phase à l'entrée	≤ 3 %
Tension de sortie	De 0V à la tension d'alimentation
Nombre maxi de mises sous tension par heure	20

#### 3.2 - Caractéristiques électriques de sortie et intensité réseau (entrée variateur)

Calibre UMV 4301	Puissance utile moteur sous réseau 400V (kW)	Intensité nominale permanente (A)	Intensité de surcharge pendant 60s (A)	Intensité crête pendant 4s (A)	Intensité réseau (entrée) (A)
1,5T	0,75	2,1	3,1	3,7	3,1
2T	1,1	2,8	4,2	4,9	3,2
2,5T	1,5	3,8	5,6	6,7	5,5
3,5T	2,2	5,6	8,3	9,9	8,4
5,5T	4	9,5	14,1	16,8	9,5
8T	5,5	12	17,9	21,2	13,7
11T	7,5	16	23,8	28,2	16,3
16T	11	25	37,2	44,1	24,3
22T	15	34	50,6	60	34
27T	18,5	40	59,6	70,6	39
33T	22	46	68,5	81,2	46
40T	30	60	89,4	106	59
50T	37	70	114,7	136	74
60T	45	96	143	169,5	96
75T	55	124	184,7	219	120
100T	75	156	232,3	275,5	151
120T	90	180	268	317,8	173

**Variateur de vitesse pour moteurs asynchrones  
avec et sans retour et pour moteurs autosynchrones  
UMV 4301 (Leroy Somer)**

#### 4 - RÉSISTANCES DE FREINAGE RF

- La résistance de freinage doit être installée de manière à ne pas endommager les composants avoisinants par sa dissipation calorifique.
- Une attention particulière doit être apportée à toute manipulation près de la résistance, du fait de la présence d'une tension élevée et du dégagement de chaleur (température de la résistance supérieure à 80°C).
- La résistance de freinage doit être câblée en série avec un relais thermique calibré au courant efficace de la résistance pour éviter les risques d'incendie pouvant être provoqués par un dysfonctionnement du transistor de freinage ou un court-circuit.
- La résistance doit être raccordée entre les bornes + et • du variateur.

La puissance crête dépend de la tension du bus continu. Elle a été calculée pour 720V.

##### 4.1 - Caractéristiques électriques

Calibre RF	Valeur ohmique (Ω)	Puissance thermique (W)	Puissance crête (W)	Courant efficace (A)*
320T	180	320	2880	1,33
640T	90	640	5760	2,66
1000T	68	1000	7620	3,8
2000T	40	2000	12960	7,07
3500T	40	3500	12960	9,35
5500T	40	5500	12960	11,7
7500T	10	7500	51840	27,4
11000T	10	11000	51840	33,2
18500T	10	18500	51840	43
22500T	5	22500	103680	67
27500T	10	27500	51840	52,4
37500T	5	37500	103680	86,6
55000T	5	55000	103680	104,8

\* courant de réglage du relais thermique en série dans la résistance.

##### 4.2 - Résistance minimum compatible

Calibre variateur UMV 4301	Valeur ohmique minimum (Ω)
1,5T à 5,5T	40
8T	40
11T et 16T	30
22T à 50T	10
60T à 120T	5



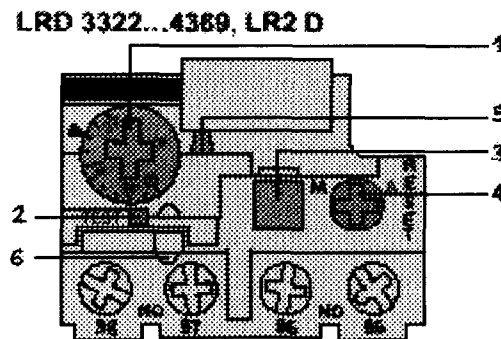
## Relais de protection thermique différentiels tripolaires

### Description :

Les relais tripolaires de protection thermique modèle d sont destinés à la protection des circuits et des moteurs alternatifs contre les surcharges, les coupures de phases, les démarrages trop longs et les calages prolongés du moteur.

Ce sont des relais compensés, à réarmement manuel ou automatique :

- avec visualisation du déclenchement,
- pour courant alternatif ou continu.



- 1** : Bouton de réglage  $I_r$   
**2** : Bouton Test  
 L'action sur le bouton Test permet :  
 - le contrôle du câblage du circuit de commande  
 - la simulation du déclenchement du relais (action sur les 2 contacts "O" et "F")  
**3** : Bouton Stop. Il agit sur le contact "O" et est sans effet sur le contact "F"  
**4** : Bouton de réarmement  
**5** : Visualisation du déclenchement  
**6** : Verrouillage par plombage du capot

zone de réglage du relais	fusibles à associer au relais choisi			pour association avec contacteur LC1	référence relais
	aM	gG	BS88		
<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>		
17...25	25	50	50	D40... D95	<b>LRD 3322</b>
23...32	40	63	63	D40... D95	<b>LRD 3353</b>
30...40	40	100	80	D40... D95	<b>LRD 3355</b>
37...50	63	100	100	D40... D95	<b>LRD 3357</b>
48...65	63	100	100	D50... D95	<b>LRD 3359</b>
55...70	80	125	125	D50... D95	<b>LRD 3361</b>
63...80	80	125	125	D65 et D95	<b>LRD 3363</b>
80...104	100	160	160	D80 et D95	<b>LRD 3365</b>

**classe 10 A avec raccordement par vis-étriers**

Caractéristiques de fonctionnement			
compensation en température		°C	-20...+60
seuils de déclenchement	selon IEC 947-4-1	<b>A</b>	$1,14 \pm 0,06 I_n$
sensibilité aux défauts de phase	selon IEC 947-4-1	déclenchement I 30 % de $I_n$ sur une phase, les autres à $I_n$	

## Détermination des sections de câbles

Les tableaux ci-contre permettent de déterminer la section des conducteurs de phase d'un circuit. Ils ne sont utilisables que pour des canalisations non enterrées et protégées par disjoncteur.

Pour obtenir la section des conducteurs de phase, il faut :

- déterminer une lettre de sélection qui dépend du conducteur utilisé et de son mode de pose
- déterminer un coefficient K qui caractérise l'influence des différentes conditions d'installation.

Ce coefficient K s'obtient en multipliant les trois facteurs de correction K1, K2 et K3 :

- le facteur de correction K1 prend en compte le mode de pose
- le facteur de correction K2 prend en compte l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte
- le facteur de correction K3 prend en compte la température ambiante et la nature de l'isolant.

### Lettre de sélection

type d'éléments conducteurs	mode de pose	Lettre de sélection
conducteurs et câbles multiconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ sous conduit, profilé ou goulotte, en apparent ou encastré</li> <li>■ sous vide de construction, faux plafond</li> <li>■ sous caniveau, moulures, plinthes, chambranles</li> </ul>	<b>B</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ en apparent contre mur ou plafond</li> <li>■ sur chemin de câbles ou tablettes non perforées</li> </ul>	<b>C</b>
câbles multiconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé</li> <li>■ fixés en apparent, espacés de la paroi</li> <li>■ câbles suspendus</li> </ul>	<b>E</b>
câbles monoconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé</li> <li>■ fixés en apparent, espacés de la paroi</li> <li>■ câbles suspendus</li> </ul>	<b>F</b>

### Facteur de correction K1

lettre de sélection	cas d'installation	K1
<b>B</b>	■ câbles dans des conduits encastrés directement dans des matériaux thermiquement isolants	<b>0,70</b>
	■ conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants	<b>0,77</b>
	■ câbles multiconducteurs	<b>0,90</b>
<b>C</b>	■ pose sous plafond	<b>0,95</b>
<b>B, C, E, F</b>	■ autres cas	<b>1</b>

### Facteur de correction K2

lettre de sélection	disposition des câbles jointifs	facteur de correction K2											
		nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
<b>B, C</b>	encastrés ou noyés dans les patois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
<b>C</b>	simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70		
	simple couche au plafond	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61		
<b>E, F</b>	simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou sur tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72		
	simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78		

Lorsque les câbles sont disposés en plusieurs couches, appliquer en plus un facteur de correction de :

- 0,80 pour deux couches
- 0,73 pour trois couches
- 0,70 pour quatre ou cinq couches

### Facteur de correction K3

températures ambiantes (°C)	isolation		
	élastomère (caoutchouc)	polychlorure de vinyle (PVC)	polyéthylène réticulé (PR) butyle, éthylène, propylène (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,93	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71

## Détermination de la section minimale

Connaissant l' $I_z$  et K  
( $I_z$  est le courant équivalent au courant véhiculé par la canalisation :  $I_z = I_z / K$ ),  
le tableau ci-contre indique la section à retenir.

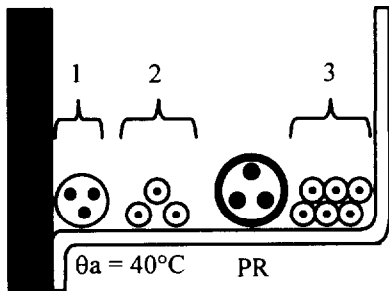
### Exemple

Un câble PR triphasé est tiré sur un chemin de câbles perforé, conjointement avec 3 autres circuits constitués :

- d'un câble triphasé (1<sup>er</sup> circuit)
- de 3 câbles unipolaires (2<sup>e</sup> circuit)
- de 6 câbles unipolaires (3<sup>e</sup> circuit), ce circuit est constitué de 2 conducteurs par phase.

Il y aura donc 5 groupements triphasés. La température ambiante est de 40°C.

Le câble PR véhicule 25 ampères par phase.



La lettre de sélection donnée par le tableau correspondant est E.  
Le facteur de correction K1, donné par le tableau correspondant, est 1.  
Le facteur de correction K2, donné par le tableau correspondant, est 0,75.  
Le facteur de correction K3, donné par le tableau correspondant, est 0,91.  
Le coefficient K, qui est  $K1 \times K2 \times K3$ , est donc  $1 \times 0,75 \times 0,91$  soit 0,68.

### Détermination de la section

Le courant admissible dans la canalisation est  $I_z = 25$  A.

L'intensité fictive  $I'_z$  prenant en compte le coefficient K est  $I'_z = 25 / 0,68 = 36,8$  A.

En se plaçant sur la ligne correspondant à la lettre de sélection E, dans la colonne PR3, on choisit la valeur immédiatement supérieure à 36,8 A, soit, ici, 42 A dans le cas du cuivre qui correspond à une section de 4 mm<sup>2</sup> cuivre ou, dans le cas de l'aluminium 43 A, qui correspond à une section de 6 mm<sup>2</sup> aluminium.

		isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)								
		caoutchouc ou PVC			butyle ou PR ou éthylène PR					
lettre de sélection	B	PVC3	PVC2		PR3		PR2			
	C		PVC3		PVC2	PR3		PR2		
	E			PVC3		PVC2	PR3		PR2	
	F				PVC3		PVC2	PR3		PR2
section cuivre (mm <sup>2</sup> )	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
	150		299	319	344	371	395	441	473	504
	185		341	364	392	424	450	506	542	575
240		403	430	461	500	538	599	641	679	
300		464	497	530	576	621	693	741	783	
400					656	754	825		940	
500					749	868	946		1083	
630					855	1005	1088		1254	
section aluminium (mm <sup>2</sup> )	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28	
	4	22	25	26	28	31	33	35	38	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49	
	10	39	44	46	49	54	59	62	67	
	16	53	59	61	66	73	79	84	91	
	25	70	73	78	83	90	98	101	108	121
	35	86	90	96	103	112	122	126	135	150
	50	104	110	117	125	136	149	154	164	184
	70	133	140	150	160	174	192	198	211	237
	95	161	170	183	195	211	235	241	257	289
	120	186	197	212	226	245	273	280	300	337
	150		227	245	261	283	316	324	346	389
	185		259	280	298	323	363	371	397	447
	240		305	330	352	382	430	439	470	530
300		351	381	406	440	497	508	543	613	
400					526	600	663		740	
500					610	694	770		856	
630					711	808	899		996	

## Calcul des chutes de tension

La **chute de tension** due au passage du courant  $I_B$  dans un circuit est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$u = b \cdot (R_{1ph} \cdot \cos\varphi + X_{ph} \cdot \sin\varphi) \cdot I_B \cdot 10^{-3} \quad (\text{V})$$

- $u$  : chute de tension, en V
- $I_B$  : courant d'emploi du circuit considéré, en A
- $\cos\varphi$  : facteur de puissance, pris égal à 0,8 en l'absence d'indications précises
- $b$  : égal à 1 pour les circuits triphasés, égal à 2 pour les circuits monophasés.

avec pour les conducteurs isolés et les câbles, circuits triphasés ou circuits monophasés :

$$R_{1ph} = \frac{\rho_1}{S_{ph} \cdot n_{ph}} \cdot L_1$$

$$X_{ph} = \frac{\lambda}{n_{ph}} \cdot L_1$$

$\rho_1 = 1,20 \cdot \rho_0$  : isolant PVC

$\rho_1 = 1,28 \cdot \rho_0$  : isolant PR et EPR

$\rho_1$  : résistivité des conducteurs à la température de fonctionnement stable

$\rho_0$  : résistivité des conducteurs à 20°C

$\rho_0 = 18,51 \text{ m}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  : cuivre

$\rho_0 = 29,41 \text{ m}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  : aluminium

$L_1$  : longueur du circuit (m)

$S_{ph}$  : section du conducteur de phase ( $\text{mm}^2$ )

$n_{ph}$  : nombre de conducteurs de phase en parallèle

$\lambda$  : réactance linéaire des conducteurs

$\lambda = 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m}$  : câbles multiconducteurs ou monoconducteurs en trèfle

$\lambda = 0,09 \text{ m}\Omega/\text{m}$  : câbles monoconducteurs jointifs en nappe

$\lambda = 0,13 \text{ m}\Omega/\text{m}$  : câbles monoconducteurs séparés

La **chute de tension relative** (en %) est égale à :

$$\Delta u = 100 \cdot \frac{u}{U_0}$$

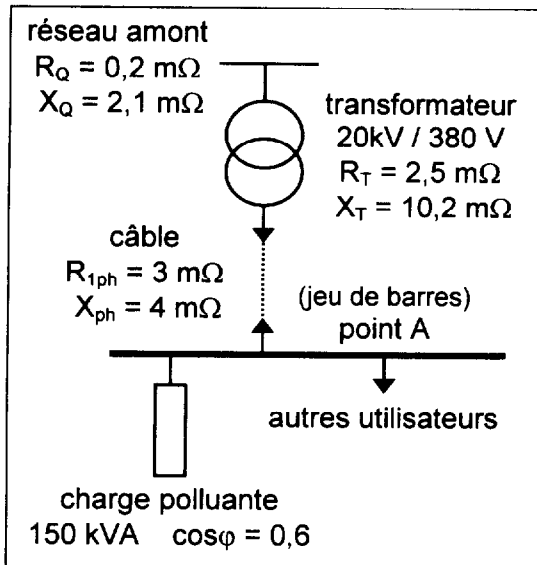
avec  $U_0$  : tension nominale de l'installation entre phase et neutre, en V.

**Remarque** : pour calculer la chute de tension due au passage du courant  $I_B$  à un endroit de l'installation, on utilise la formule précédente en additionnant à  $R_{1ph}$  les résistances en amont et en additionnant à  $X_{1ph}$  les réactances en amont.

## Flicker ou scintillement des sources lumineuses

Le flicker correspond à des variations lumineuses ; il résulte de faibles fluctuations de tension provoquées par le fonctionnement de charges variables importantes : fours à arc, soudeuses, moteurs, gradateurs à trains d'ondes. Il provoque une fatigue physique et psychique pour les usagers de l'éclairage raccordés à proximité de la charge perturbatrice.

### exemple :



La charge polluante est une soudeuse par points.

Le fonctionnement de la soudeuse conduit à une chute de tension au point A :

$$u = [(R_Q + R_T + R_{1ph}) \cdot \cos\phi + (X_Q + X_T + X_{ph}) \cdot \sin\phi] \cdot I_B \cdot 10^{-3}$$

$$\text{avec } I_B = 150000 / 3 \cdot U_0 = 228 \text{ A}$$

$$U_0 = \text{tension entre phase et neutre} = 220 \text{ V}$$

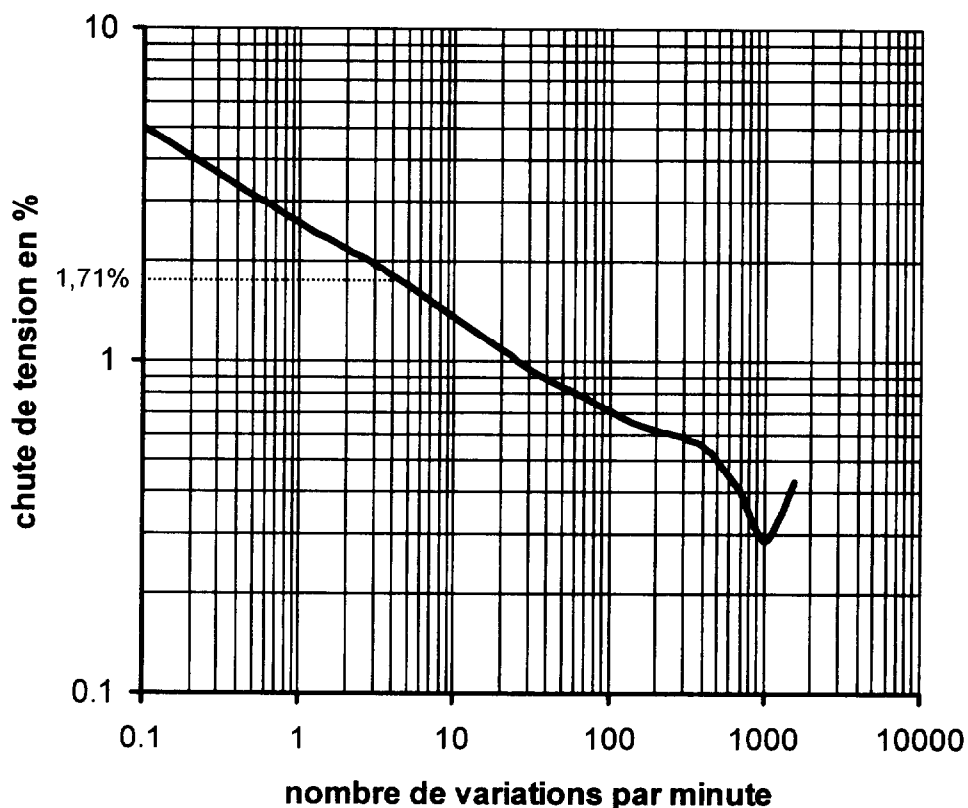
( $R_Q, R_T, R_{1ph}, X_Q, X_T, X_{ph}$  en  $\text{m}\Omega$ )

$$\text{ce qui donne : } u = 3,75 \text{ V}$$

d'où une chute de tension relative :

$$\Delta u = 100 \cdot u / U_0 = 1,71 \%$$

La courbe de flicker fait apparaître **4 variations maxi** de la chute de tension **par minute**, ce qui correspond à **2 soudures maxi par minute** (la mise sous tension de la soudeuse donne une variation, la mise hors tension de la soudeuse donne une autre variation).



**courbe de flicker** : nombre maxi de variations par minute d'une chute de tension donnée

## PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA SÉRIE TC2000

La série **TC2000** des unités à thyristors est destinée au contrôle de puissance électrique de charges industrielles triphasées ou monophasées.

En mode **gradateur de puissance**, les unités commandées par un signal analogique délivrent une puissance de sortie proportionnelle au signal d'entrée, en conduction des thyristors en **train d'ondes** comportant un nombre entier d'alternances.

L'amorçage des thyristors et la mise hors conduction sont synchronisées au zéro de tension pour chaque phase, supprimant les fronts raides de courant qui sont générateurs de perturbations du réseau.

Les unités de la série **TC2000** se composent de **deux voies à thyristors**, ce qui permet d'avoir un branchement monophasé ou un branchement triphasé.

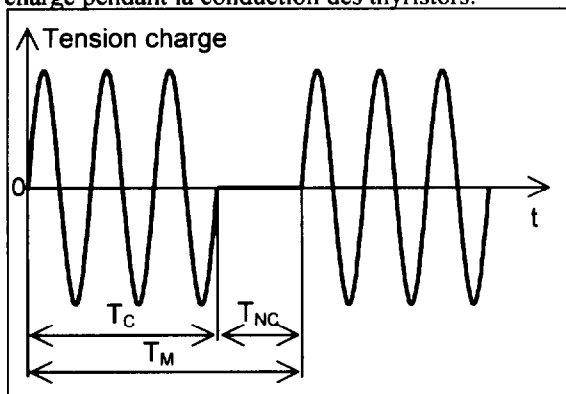
En **branchement triphasé** les unités de la série **TC2000** contrôlent **deux phases** d'une charge triphasée branchée en triangle fermé ou en étoile sans neutre (montage 3 fils).

La gamme des courants nominaux des unités de puissance de la série **TC2000** s'étend de **60 A** à **500 A** (en 3 modèles de boîtier) sous des tensions nominales de **120** à **500 V**.

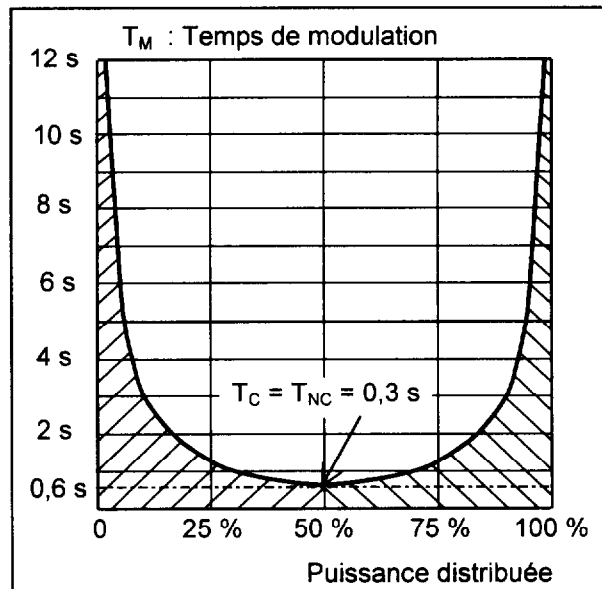
En mode de conduction des thyristors Train d'ondes, la puissance dans la charge est définie par le rapport de la période de conduction des thyristors ( $T_C$ ) et de la période de modulation ( $T_M$ ).

On a  $T_M = T_C + T_{NC}$ ,  $T_{NC}$  représentant le temps de non conduction des thyristors.

La puissance de la charge  $P = \tau \cdot P_{MAX}$  où  $\tau = T_C / T_M$  représente le rapport cyclique et  $P_{MAX}$  représente la puissance de charge pendant la conduction des thyristors.



Périodes de Train d'ondes



Temps de modulation en fonction de la puissance

En utilisant une période de modulation variable suivant la demande de puissance, l'unité TC2000 possède une précision de réglage adaptée à chaque zone particulière de consigne.

- A **50 %** de puissance, la valeur typique de la période de modulation en standard est **0,6 s**, la période de conduction est égale à la période de non conduction.
- Pour une zone **inférieure** à 50 % de la consigne maximale, la période de conduction diminue et la période de modulation augmente.
- Dans la zone de puissance **supérieure** à 50 %, c'est la période de non conduction qui diminue avec l'augmentation de la période de modulation.

Par exemple : - pour une puissance 5 %,  $T_C = 250$  ms,  $T_M = 5$  s  
 - pour une puissance 90 %,  $T_C = 2,25$  s,  $T_M = 2,5$  s

La puissance de sortie est ainsi parfaitement linéaire entre **0** à **100 %** de la puissance maximale pour le signal analogique variant de **4** à **84 %** de l'échelle maximale. La commande ne présente pas de palier de réglage comme dans les unités à période de modulation fixe.