

Carrefour de l'électrotechnique

# ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

## AVANCÉ



## Table des matières

<b>1</b>	<b>Le transformateur .....</b>	<b>1</b>
1.1	Le transformateur monophasé .....	1
1.1.1	Constitution .....	1
1.1.2	Les bobinages.....	1
1.1.3	Principe .....	1
1.2	Fonctionnement à vide d'un transformateur parfait .....	3
1.3	Le transformateur parfait en charge .....	4
1.3.1	Principe de fonctionnement .....	4
1.3.2	Conclusions générales .....	5
1.4	Fonctionnement du transformateur réel en charge .....	6
1.4.1	Pertes dans le transformateur .....	6
1.4.2	Diagramme complet du transformateur .....	7
1.5	Le rendement d'un transformateur .....	8
1.5.1	Méthode directe .....	8
1.5.2	Méthode des pertes séparées .....	8
1.6	Surintensité à l'enclenchement d'un transformateur .....	9
1.7	Types de transformateurs.....	10
1.7.1	L'auto transformateur.....	10
1.7.2	Le transformateur d'isolement .....	11
1.7.3	Le transformateur de sécurité .....	11
1.7.4	Le transformateur de mesure.....	11
1.8	Le transformateur - Ajustement de la tension de sortie .....	12
1.8.1	Mise en parallèle de deux transformateurs monophasé.....	14
1.8.2	Questions sur les transformateurs .....	14
1.9	Les transformateurs triphasés .....	15
1.9.1	Constitution .....	16
1.9.2	Prises de réglage .....	16
1.9.3	Refroidissement .....	16
1.9.4	Utilisation .....	17
1.9.5	Couplages primaires.....	17
1.9.6	Couplages secondaires .....	17
1.9.7	Repérage des bornes du transformateur .....	18
1.9.8	Secondaire en hexaphasé .....	19
1.9.9	Secondaire en tri-mono (montage Ulbricht) .....	19

1.9.10	Mise en parallèle des transformateurs triphasés.....	23
<b>2</b>	<b>Le moteur à cage .....</b>	<b>26</b>
2.1	Courbes caractéristiques du moteur asynchrone .....	26
2.1.1	En fonction de la puissance utile .....	26
2.1.2	En fonction du glissement .....	27
2.1.3	Définitions.....	27
2.1.4	Rendement d'un moteur asynchrone .....	28
2.2	Bilan énergétique.....	28
<b>3</b>	<b>Schémas de démarrage d'un moteur asynchrone .....</b>	<b>30</b>
3.1	Moteur asynchrone 1 sens de rotation.....	30
3.2	Moteur asynchrone 2 sens de rotation.....	31
3.3	Démarrage étoile triangle 1 sens de rotation .....	32
3.4	Démarrage étoile triangle 2 sens de rotation .....	33
<b>4</b>	<b>Influence du glissement sur le fonctionnement du moteur .....</b>	<b>35</b>
4.1	Fonctionnement à rotor ouvert .....	35
4.2	Fonctionnement à rotor fermé .....	35
4.2.1	Impédance du rotor .....	35
4.2.2	Que devient le courant du rotor ? .....	35
4.2.3	Au moment du démarrage, $I_d$ est maximum.....	36
4.2.4	Au fur et à mesure que la vitesse augmente, $I$ diminue .....	36
4.2.5	Si on charge le moteur, $I_n$ augmente .....	36
4.2.6	Le $\cos \Phi_2$ .....	36
4.2.7	Que devient le couple ?.....	37
<b>5</b>	<b>Les démarreurs électroniques .....</b>	<b>39</b>
5.1	Tableau récapitulatif .....	40
<b>6</b>	<b>Moteur triphasé asynchrone à cage raccordé en monophasé .....</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>Types de moteurs en fonction de la vitesse .....</b>	<b>43</b>
7.1	Moteur mono vitesse fixe .....	43
7.1.1	Moteur à grande vitesse .....	43
7.1.2	Moteur à petite vitesse.....	43
7.2	Moteur multi vitesses fixes .....	43
7.2.1	Moteur à 1 bobinage .....	44
7.2.2	Moteur à bobinage séparé .....	44
7.3	Couplage des moteurs mono vitesse .....	45
7.4	Couplage des moteurs bi vitesses .....	46

<b>8</b>	<b>Formulaire.....</b>	<b>47</b>
<b>9</b>	<b>Le moteur Dahlander .....</b>	<b>48</b>
9.1	Réglage de la vitesse des moteurs asynchrones triphasés.....	48
9.2	Vitesse de synchronisme .....	48
9.2.1	Le bobinage du stator .....	49
9.2.2	Moteur à enroulements statoriques séparés .....	50
9.2.3	Le moteur Dahlander.....	50
<b>10</b>	<b>Freinage des moteurs asynchrones .....</b>	<b>54</b>
10.1	Freinage par contre-courant .....	54
10.1.1	Moteur à cage.....	54
10.1.2	Moteur à bagues.....	54
10.2	Freinage par injection de courant continu dans le stator .....	55
10.2.1	Calcul de la tension d'alimentation du freinage par injection de courant continu.....	55
10.2.2	Moteur à cage.....	56
10.2.3	Moteur à bagues.....	57
10.3	Freinage par frein à courant de Foucault .....	58
10.4	Frein électromagnétique incorporé dans le moteur .....	60
10.4.1	Réglage de l'entrefer .....	60
10.5	Le moteur frein .....	61
10.6	Freinage par électrofrein .....	62
10.7	Alimentation commune du moteur et du frein (à disque, à mâchoire) .....	63
10.7.1	Le moteur est couplé en triangle 220 V .....	63
10.7.2	Le moteur est couplé en étoile 380 V .....	63
<b>11</b>	<b>Le moteur asynchrone monophasé.....</b>	<b>64</b>
11.1	Constitution .....	64
11.2	Fonctionnement.....	65
11.3	Types de démarrage .....	65
11.3.1	Démarrage par phase auxiliaire.....	65
11.3.2	Démarrage par phase auxiliaire et résistance .....	66
11.3.3	Démarrage par phase auxiliaire et inductance.....	66
11.3.4	Démarrage par phase auxiliaire et capacité.....	66
11.3.5	Démarrage d'un moto compresseur hermétique par relais d'intensité .....	68
11.3.6	Démarrage d'un moto compresseur hermétique par relais de tension .....	68
11.3.7	Mesurage et maintenance des moteurs .....	71
11.3.8	Éléments permettant la vérification du comportement des moteurs.....	71

<b>12</b>	<b>Schémas de raccordement des moteurs asynchrones mono</b>	<b>73</b>
12.1	A condensateur permanent	73
12.2	A coupleur centrifuge - A condensateur permanent	73
12.3	A condensateur permanent et relais d'intensité	74
12.4	A coupleur centrifuge - A condensateur de démarrage	74
12.5	Boîte à bornes pour moteur asynchrone monophasé de l'atelier	75
12.5.1	Inversion du sens de marche	75
12.6	Moteur monophasé pour tenture	75
<b>13</b>	<b>Le moteur universel</b>	<b>76</b>
13.1	Raccordement	76
13.2	Caractéristiques	76
13.3	Utilisations	77
13.4	Réglage de la vitesse des moteurs universels	77
13.4.1	Réglage de la vitesse en agissant sur la tension U	77
13.4.2	Réglage de la vitesse en agissant sur le flux	78
13.4.3	Inversion du sens de rotation	78
13.4.4	Diagnostic de panne sur des machines équipées d'un moteur universel	78
13.4.5	Contrôle à la masse de l'induit	79
13.4.6	Contrôle d'une rupture de l'induit	79
13.4.7	Grattage des micas au collecteur	79
<b>14</b>	<b>Relais et contacteurs</b>	<b>80</b>
14.1	Montage d'une platine	80
14.2	Commande de puissance - Le contacteur	81
14.2.1	Généralités	81
14.2.2	Constitution d'un contacteur	82
14.3	-K Relais et contacteur	84
14.3.1	Vue éclatée d'un contacteur	85
14.4	-S Appareils mécaniques de connexion pour circuit de conduite	86
14.5	-H Dispositif de signalisation	87
14.5.1	Protection des récepteurs et des équipements	88
14.6	-F Dispositif de protection	89
14.6.1	Protection contre les courts-circuits	89
14.6.2	Protection contre les surcharges	90
14.6.3	Règles générales de représentations des schémas	93
14.6.4	Exercice 1 : Commande manuelle par interrupteur	96

14.7	-S Appareils mécaniques de connexion pour circuit de conduite.....	97
14.8	-Q Appareils mécaniques de connexion pour les circuits de puissance.....	98
14.8.1	Le disjoncteur .....	98
14.8.2	Le sectionneur .....	99
14.8.3	Commande manuelle par bouton poussoir Marche – Arrêt .....	99
14.9	-K... T Relais temporisés .....	100
14.9.1	Principe de fonctionnement d'un relais d'automatisme temporisé .....	101
14.9.2	Exercice 2 : Commande manuelle par boutons poussoirs Marche-Arrêt.....	104
14.9.3	Exercice 3 : Commande manuelle de l'allumage d'une lampe avec retard .....	105
14.10	Repérage de bornes de raccordement des appareils.....	106
14.10.1	Exercice 4 : Commande manuelle de l'extinction d'une lampe avec retard .....	107
14.10.2	Exercice 5a : Les temporisations .....	108
14.10.3	Exercices 5b : Les temporisations.....	109
14.10.4	Exercice 5c : Le chenillard .....	110
14.10.5	Exercice 6 : Réalisation d'une centrale clignotante .....	111
14.10.6	Exercice 7 : Flèche 1 .....	112
14.10.7	Exercice 8 : Flèche 2 .....	112
14.10.8	Exercice 9 : Carrefour lumineux .....	112
<b>15</b>	<b>Les régimes de neutre.....</b>	<b>113</b>
15.1	Protection contre l'électrocution par contact indirect.....	113
15.2	Réseau IT.....	114
15.3	Réseau TN.....	115
15.3.1	Conséquence d'un défaut d'isolement dans un schéma TN .....	117
15.3.2	Conditions de protection dans un réseau TN .....	118
15.3.3	Méthode simplifiée d'un calcul de la longueur maximale d'un câble .....	118
15.4	Réseau IT (neutre isolé).....	119
15.4.1	Impédance de fuite naturelle .....	119
15.4.2	Schéma IT.....	120
15.4.3	Calcul de la longueur maximale de ligne protégée contre les contacts indirects en schéma TN et IT. ....	122
	L'essentiel Preventa pour la sécurité des machines.....	123



# 1 Le transformateur

Le transformateur est une machine statique permettant d'élever ou d'abaisser la tension ou l'intensité d'un courant alternatif.

## 1.1 Le transformateur monophasé

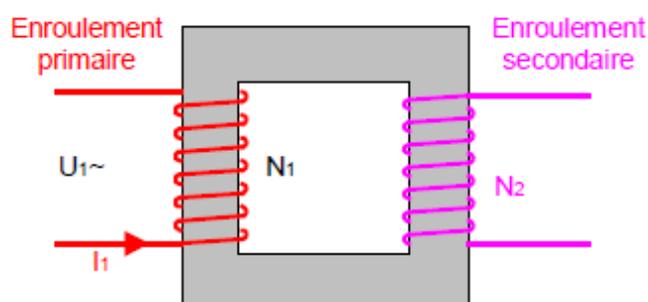
### 1.1.1 Constitution

Un circuit magnétique canalise le flux. Il est constitué par des tôles minces au silicium, parfois à grains orientés pour éviter les pertes par hystérésis et courant de Foucauld. Ces tôles sont isolées par leur oxydation (pour les petits transformateurs) ou par des vernis spéciaux dans les gros transformateurs. Elles sont frettées avec des tiges et des écrous.

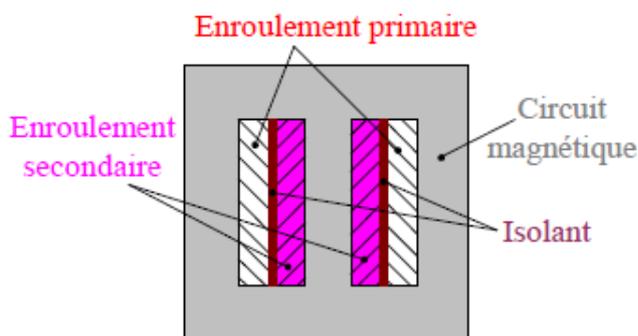
### 1.1.2 Les bobinages

Les nombres de spires des deux enroulements,  $N_1$  et  $N_2$  sont différents. L'enroulement qui en comporte le plus est du côté de la tension la plus élevée, il est en fil plus fin que l'autre enroulement de tension plus petite.

Représentation simplifiée

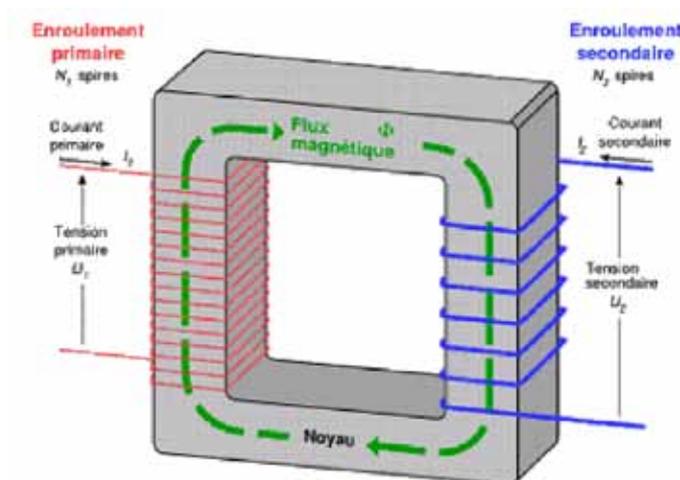


En réalité les enroulements sont superposés



### 1.1.3 Principe

Considérons un noyau ferromagnétique fermé sur lequel on a disposé deux bobinages.



Si on alimente l'un de ces bobinages, appelé « primaire » au moyen d'une d.d.p. sinusoïdale, il y circule un courant  $I_1$  qui crée dans le noyau un flux magnétique également sinusoïdal.

Ce flux variable induit dans chacun des bobinages une fém. alternative proportionnelle au nombre de spires.

Dans le bobinage primaire, il s'agit d'une f.c.é.m. qui s'oppose à la tension d'alimentation.

**Le primaire se comporte comme un récepteur**

$$U_1 = E'_1 + (r_1 \cdot I_1)$$

Dans l'autre bobinage, le « secondaire », c'est une véritable fém.

**Le secondaire se comporte comme un générateur**

$$U_2 = E_2 - (r_2 \cdot I_2)$$

En modifiant le nombre de spires des deux bobinages, on peut obtenir des tensions sinusoïdales de valeurs différentes.

L'appareil est donc, d'abord, un transformateur de tension.

Si on fait débiter le secondaire, on peut appliquer le principe de conservation de l'énergie.

Il s'ensuit que les intensités dans les bobinages doivent varier en sens inverse des tensions.

L'appareil est donc, aussi un transformateur d'intensité.

### Rappel

#### Auto-induction

Une bobine parcourue par un courant crée un flux  $\Phi$

Or cette bobine baigne dans son propre champ magnétique et est donc, soumise à son action.

C'est le flux embrassé par la bobine :  $\Phi_1$

Si le courant varie, le flux varie. Ce flux variable induit une f.é.m. répondant à la loi de Lenz.

$$e_1 = \frac{\Delta \Phi_1}{\Delta t}, \text{ pour } N \text{ spires de la bobine, } \Delta \Phi_1 = N \Delta \Phi$$

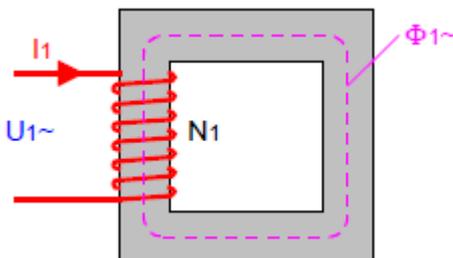
$$\Delta \Phi_1 = \Delta B \cdot S = \Delta I \frac{\mu N S}{l} \Rightarrow \text{Or : } N, \mu, S \text{ et } l \text{ sont constants.}$$

$$\text{D'où } \Phi_1 = KI \Rightarrow \text{La constante } K = L \Rightarrow \Phi_1 = LI$$

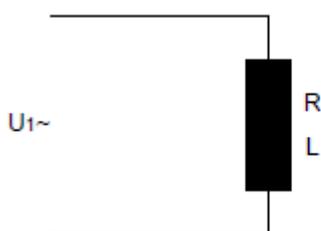
L représente l'inductance de la bobine exprimée en henry (H)

$$E'_1 = - \frac{\Delta \Phi_1}{\Delta t} N_1 = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

(le signe (-) indique qu'il s'agit d'une f.é.c.m.)



#### La loi d'ohm en alternatif



$$I = \frac{E - E'}{R} = \frac{U_1}{Z}$$

$E'$  = f.c.é.m. de self induction

$E$  = fém. appliquée au circuit

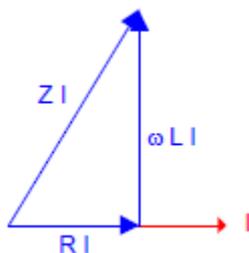
$U_1$  = tension appliquée au circuit

$Z$  = impédance du circuit

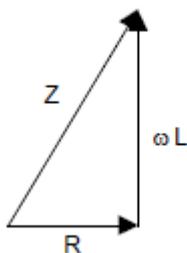
$R$  = résistance du circuit  $R$

$L$  = inductance du circuit  $L$

Triangle des tensions



Triangle des impédances

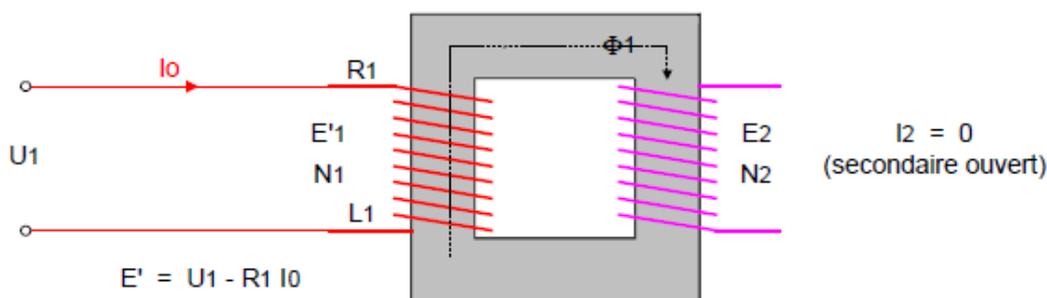


$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

$$I = \frac{U_1}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$

## 1.2 Fonctionnement à vide d'un transformateur parfait

Le transformateur parfait est un produit fictif dont les caractéristiques seraient : la résistance des enroulements nulle (self pure), la réluctance du circuit magnétique nulle et un circuit magnétique parfait (toutes les lignes d'induction engendrées par le primaire passent par le secondaire).



Le bobinage du primaire est un circuit de forte self.

$$\Delta\Phi_1 = K I_1 = L_1 I_1 \Rightarrow \Delta\Phi_1 = N_1 \Delta\Phi \quad (\text{Pour } N \text{ spires})$$

$$L = \frac{\Phi_1}{I_1} = \frac{N_1 B S}{I_1} = \frac{N_1 \mu H S}{I_1} = \frac{N_1 \mu N I S}{I_1 \times l} = \frac{N^2 \mu S}{l}$$

L est proportionnel au carré du nombre de spires

Au primaire, la résistance est très faible par rapport à L

$$I \text{ à vide} = I_0 = \frac{U_1}{Z_1} = \frac{U_1}{\sqrt{R_1^2 + (\omega L)^2}} \Rightarrow \text{si } R_1 \text{ est faible, } R_1^2 \text{ est encore plus faible : on peut la négliger.}$$

$$\text{Donc, } U_1 = E'1 \Rightarrow I_0 = \frac{E'1}{\omega L} \Rightarrow \omega : 2\pi f \text{ c'est une constante}$$

$$L = \frac{N^2 \mu S}{l} \Rightarrow N, S \text{ et } l \text{ sont constant} \Rightarrow L \text{ dépend de } \mu$$

$I_0$  est inversement proportionnel à  $\mu$  et donc  $I_0$  est faible si  $\mu$  est grand.

**Un bon transformateur a un petit  $I_0$ , c'est la preuve d'un bon circuit magnétique.**

Selon la formule générale :  $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} N \Rightarrow$  On peut écrire que :

✓ Pour le primaire  $U_1 = E'1 = \frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t} N_1 = (E'1 \Rightarrow \text{fcem})$

✓ Pour le secondaire  $N_2$   $U_2 = E_2 = \frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t} N_2$  (le flux qui passe dans l'enroulement secondaire est  $\Phi_1$ )

Ce qui donne le rapport de transformation  $m$  :  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{\frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t} N_1}{\frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t} N_2} = \frac{E'1}{E_2} \Rightarrow m = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E'1}{E_2}$

- ✓  $m$  qui est appelé « rapport de transformation », est une constante ;
- ✓  $E'1 = U1$  car on considère que la résistance  $R1$  est nulle ;
- ✓  $I_0$  est le courant absorbé par l'enroulement primaire, lorsque l'enroulement secondaire est ouvert ;
- ✓ (transformateur à vide), on l'appelle « le courant magnétisant » parce qu'il sert à créer le flux magnétique ;
- ✓  $N1 I_0$  sont les ampères tours primaires à vide portant le nom « d'ampères tours magnétisants ».

Conclusions :

- ✓ Le transformateur fonctionne à flux constant tant que la tension  $U$  est constante ;
- ✓ Le transformateur sera élévateur ou abaisseur de tension suivant la valeur de son rapport de transformation.

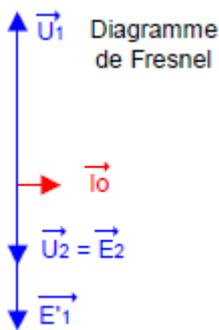


Diagramme de Fresnel

Dans une self pure, le courant est déphasé de  $90^\circ$  en arrière par rapport à la tension.

Au primaire du transformateur (considéré comme une self pure,  $R1$  est négligeable par rapport à  $L$ )  $I_0$  est donc déphasé de  $90^\circ$  sur  $U1$ .

$I_0$  = courant magnétisant, il produit un flux en phase, qui influence le secondaire de  $N2$  spires, où naît une f.é.m.  $E2$ .

$$E2 = \frac{\Delta\Phi1}{\Delta t} N2$$

## 1.3 Le transformateur parfait en charge

### 1.3.1 Principe de fonctionnement

Si on ferme le secondaire du transformateur sur un récepteur d'impédance  $Z$  et cosinus  $\varphi$ , un courant  $I2$  va y circuler avec un déphasage  $\varphi$  par rapport à  $E2$ . C'est un courant induit, il obéit donc à la loi de Lenz.

Cela signifie, qu'à chaque instant le sens du courant  $I2$  sera tel qu'il va s'opposer à la cause qui le crée.

Le courant  $I2$  (variable puisqu'il s'agit de courant alternatif) parcourt l'enroulement secondaire et crée un flux  $\Phi2$  qui va s'opposer à la variation du flux inducteur  $\Phi1$ .

Dès lors, le flux résultant  $\Phi$  dans le circuit magnétique sera :  $\Phi_r = \Phi1 - \Phi2$

Or, nous savons, que si la tension reste constante le flux reste constant que le transformateur soit à vide ou en charge.

Donc,  $\Phi_r = \Phi_0 = \text{constante}$  si  $U$  reste constante.

#### Conclusions

- ✓ Le transformateur est autorégulateur : si le courant  $I2$  augmente, le flux  $\Phi2$  augmente aussi.  
Or, le flux résultant  $\Phi_r$  est constant, il faut donc que le flux  $\Phi1$  augmente.  
Pour que le flux  $\Phi1$  augmente, il faut que le courant  $I1$  augmente aussi !

Toute variation de courant au secondaire du transformateur se transmet au primaire.

- ✓ La réluctance d'un circuit magnétique d'un transformateur est, de par sa fabrication, très faible.

$\mu_0, \mu_r$  et  $L$  sont des constantes liées au circuit.

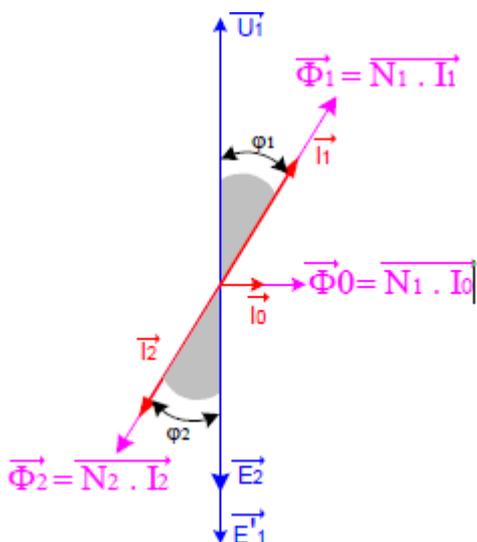
$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \frac{NI}{L} \quad \text{Posons,} \quad \frac{\mu_0 \cdot \mu_r}{L} = K$$

On peut dire que,  $B_1 = N_1 I_1 K$  et  $B_2 = N_2 I_2 K$

On sait que  $B_1 \approx B_2$  d'où  $N_1 \cdot I_1 \approx N_2 \cdot I_2$  ou  $\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$

Les ampères tours primaires sont à peu près égaux aux ampères tours secondaires.

- ✓ Les courants :



$$\overline{N_1 I_0} = \overline{N_1 I_1} + \overline{N_2 I_2} \text{ divisons par } N_1$$

$$\overline{I_0} = \overline{I_1} + \frac{N_2}{N_1} \overline{I_2}$$

$$\overline{I_1} = \overline{I_0} - \frac{1}{m} \overline{I_2} \quad \text{I}_0 \text{ est très petit, négligeons le}$$

$$\overline{I_1} = -\frac{1}{m} \overline{I_2} \quad \text{I}_1 \text{ et } I_2 \text{ sont en opposition}$$

Les déphasages  $U_1$  et  $U_2$  sont en opposition.  $I_1$  et  $I_2$  sont en opposition, donc  $\varphi_1 = \varphi_2$  (voir le graphique).

- ✓ Les puissances absorbées et fournies sont à peu près égales.

$$P_{abs.} = U_1 I_1 \cos \varphi_1 = E'_1 I_1 \cos \varphi_1$$

$$P_{fourn.} = E_2 I_2 \cos \varphi_2 = U_2 I_2 \cos \varphi_2$$

Nous savons que,  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$  et que  $\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$  et  $\cos \varphi_1 = \cos \varphi_2$

Donc,  $P$  absorbée =  $P$  fournie

### 1.3.2 Conclusions générales

Le rapport de transformation,  $m = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$

$$U_1 I_1 = U_2 I_2 \quad \text{donc } S_1 = S_2$$

$$\cos \varphi_1 = \cos \varphi_2 \quad \text{donc } P_1 = P_2$$

$$N_1 \cdot I_1 = N_2 \cdot I_2$$

Le transformateur fonctionne à flux constant :  $\Phi_r = \Phi_0 = \text{constante}$  si la tension  $U$  est constante.

- Le transformateur est autorégulateur : si  $I_2$  varie  $I_1$  varie dans le même sens.

N.B. : la puissance d'un transformateur s'exprime toujours en VA, car le fabricant ignore le type de récepteur qu'il y aura au secondaire et s'il y a un déphasage.

## 1.4 Fonctionnement du transformateur réel en charge

### 1.4.1 Pertes dans le transformateur

#### 1.4.1.1 Les pertes dans le fer

Le circuit magnétique s'échauffe sous l'effet :

- ✓ des pertes par hystérésis,
- ✓ des pertes par courants de Foucault.

Pour diminuer les pertes :

- ✓ on feuillette le circuit magnétique ;
- ✓ on limite l'induction supérieure maximum à une valeur telle que les pertes par hystérésis et courants de Foucault restent acceptables ;
- ✓ on utilise pour construire le circuit magnétique des tôles à faibles pertes : au silicium ou à cristaux orientés.

**Remarque** : Les pertes dans le fer ne dépendent que de la fréquence et du flux, ceux-ci étant constants quel que soit le fonctionnement du transformateur.

#### 1.4.1.2 La résistance des enroulements

Au primaire :  $I_1$  va créer une chute de tension  $R_1 I_1$ , à déduire de la tension d'alimentation  $U$ .

$$\vec{U} = \vec{E}_1 + \vec{R}_1 I_1 \quad \Leftrightarrow \quad \vec{E}_1 = \vec{U}_1 - \vec{R}_1 I_1$$

$$P = R_1 I_1^2 \quad \Leftrightarrow \quad \text{représente la perte de puissance due à l'effet joule.}$$

Au secondaire :  $I_2$  va créer une chute de tension  $R_2 I_2$ , à déduire de la fém.  $E_2$  produite.

donc, la tension disponible au secondaire s'appellera  $U_2$  sera :

$$\vec{U}_2 = \vec{E}_2 - \vec{R}_2 I_2$$

La perte de puissance par effet joule sera  $R_2 I_2^2$

#### 1.4.1.3 Les fuites magnétiques

Au primaire : certaines lignes d'induction engendrées par le primaire se referment sur lui-même sans passer par le secondaire.

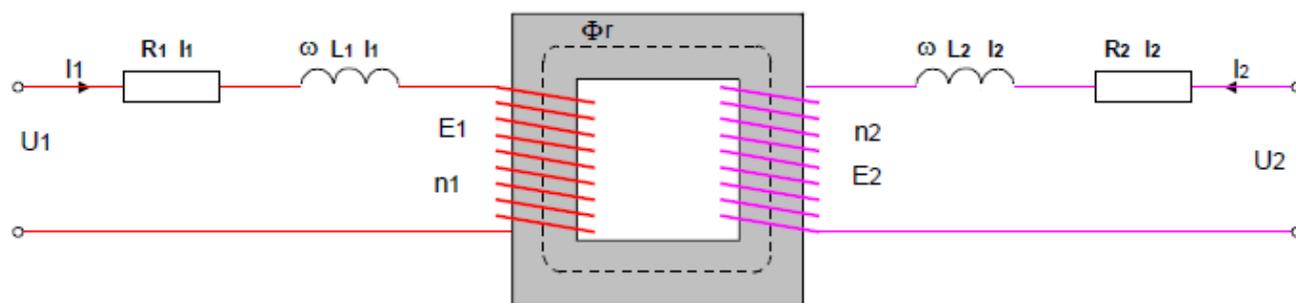
On considère que le primaire contient une réactance de self :  $\omega L_1$

Au secondaire : on constate le même phénomène qu'au primaire.

Aussi, pour le secondaire, on considère qu'il y a une réactance de self :  $\omega L_2$

#### 1.4.1.4 Conclusions

On peut assimiler le transformateur à l'ensemble ci-dessous.



Récepteur

$$U_1 = E_1 + R_1 I_1 + w L_1 I_1$$

ou

Générateur

$$E_2 = U_2 + R_2 I_2 + w L_2 I_2$$

$$U_2 = E_2 - R_2 I_2 - w L_2 I_2$$

### 1.4.2 Diagramme complet du transformateur

Les résistances des enroulements provoquent des chutes de tension

$$U_1 = E'_1 + r_1 I_1$$

$$U_2 = E_2 - r_2 I_2$$

Pour le courant c'est comme si on plaçait une résistance  $r_1$  au primaire et une résistance  $r_2$  au secondaire alors qu'ils sont supposés sans pertes.

Les fuites magnétiques provoquent des chutes de tension induites.

$\Phi_1$  est opposé à  $\Phi_2$

La somme des flux =  $\Phi$  magnétisant + de fuite

$$\text{Au primaire par exemple} \quad = N_1 \Phi_1 + \text{fuite}$$

$$= N_1 \Phi_1 + L_1 I_1$$

$$= - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} + \left( -L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} \right)$$

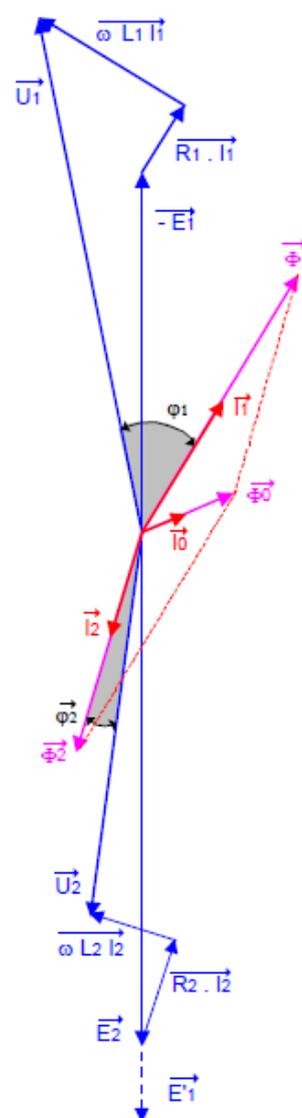
Au secondaire c'est le même phénomène.

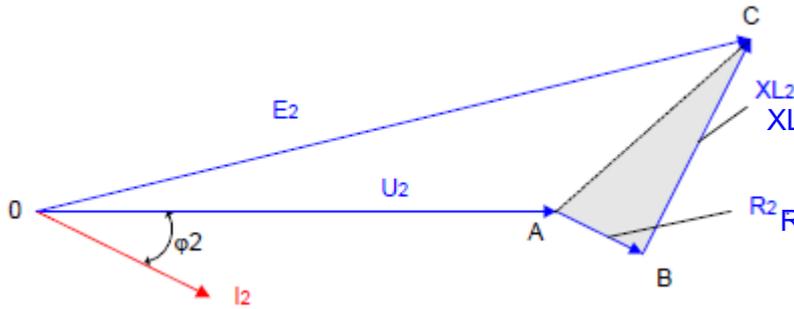
Pour le courant c'est comme si on plaçait une inductance  $L_1$  en série dans le primaire et une inductance  $L_2$  en série dans le secondaire.

Le secondaire est fermé sur une impédance déterminée qui absorbe un courant  $I_2$  qui crée des chutes de tension ohmiques ( $r_2 I_2$ ) et selfiques ( $\omega L_2 I_2$ ) dans le bobinage secondaire (fuites).

$U_2$  en charge est inférieur à  $E_2$  à vide.

**Remarque** : Les valeurs des chutes de tension ohmique et selfique sont fortement exagérées ainsi que la valeur de  $\Phi_0$ .





Le triangle ABC s'appelle le triangle de Kapp.

$XL_2 \cdot I_2$  = chute de tension inductive  $90^\circ$  en avance sur le courant  $I_2$ .

$R_2 \cdot I_2$  = chute de tension ohmique en phase avec le courant  $I_2$

## 1.5 Le rendement d'un transformateur

$$\eta = \frac{P_u}{P_{abs}} \Rightarrow \eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + F + C}$$

$P_2$  = Puissance au secondaire

$P_1$  = Puissance au primaire

F = pertes dans le fer

C = pertes dans le cuivre

### 1.5.1 Méthode directe

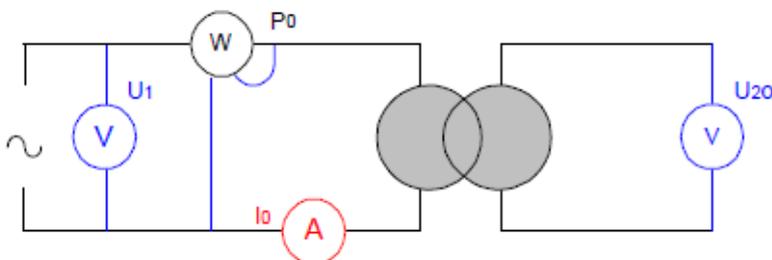
On mesure  $P_1$  et  $P_2$  à l'aide de wattmètres.

*Les wattmètres sont précis à 1% près. Or comme le rendement d'un transformateur est de l'ordre de 0.95 à 0.99, cette méthode est peu précise.*

### 1.5.2 Méthode des pertes séparées

- ✓ L'essai à vide nous renseigne sur les pertes dans le fer ( F )

*Ces pertes par hystérésis et courant de Foucault sont constantes quelle que soit la charge.*



$$P_0 = F + (r_1 \cdot I_1^2)$$

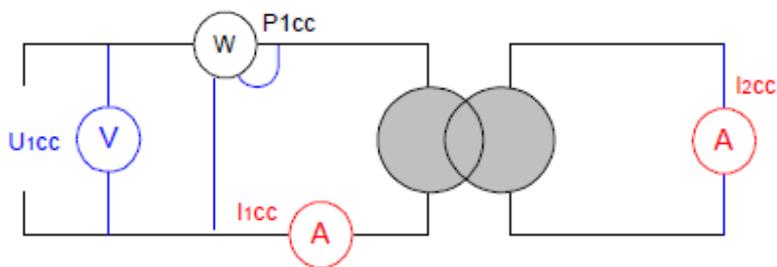
$I_0$  est négligeable

$$P_0 = F$$

- ✓ L'essai en court-circuit nous renseigne sur les pertes dans le cuivre : C

*C'est l'échauffement par effet Joule.*

On alimente le primaire sous une tension  $U_{1cc}$  réduite, pour que  $I_{2cc}$  corresponde à I nominal.



$$P1cc = F + C + P2cc$$

Si  $U1cc$  est réduite, le flux primaire est réduit à moins de 1/10 de la normale.

Or les pertes dans le fer (F) sont plus ou moins proportionnelles au carré du flux, donc les pertes dans le fer sont inférieures à 1/100 de la normale. On peut les négliger.

$$P1cc = P2cc + C$$

$U2cc = 0$ , en effet, l'ampèremètre est un court-circuit, donc  $P2cc = 0$

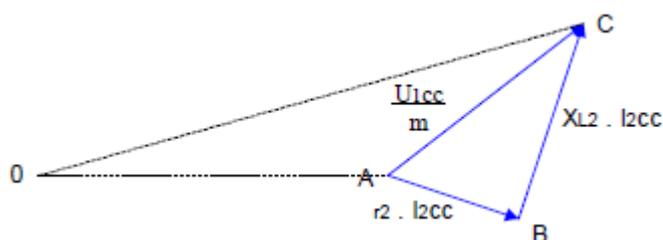
$$P1cc = C = r_1 I_{1cc}^2 + r_2 I_{2cc}^2$$

$U1cc$  est très faible,  $I1cc$  aussi,  $r_1 I_1^2$  est négligeable

$$P1cc = C = r_2 I_{2cc}^2$$

$$r_2 = \frac{P1cc}{I_{2cc}^2}$$

✓ Diagramme de Kapp



$U_2 = U_{2cc} = 0$  Le point 0 vient en A

$U_{2o} = 0C$  Il devient  $AC = \frac{U_{1cc}}{m}$

Dans le triangle rectangle ABC, on aura :

$$\left(\frac{U_{1cc}}{m}\right)^2 = (XL_2 \cdot I_{2cc})^2 + (r_2 \cdot I_{2cc})^2$$

$U1cc$  = tension de court-circuit. Elle s'exprime en % de la tension nominale.

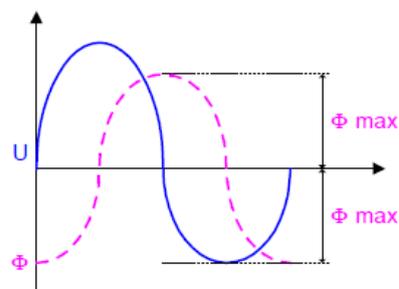
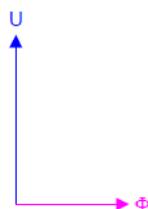
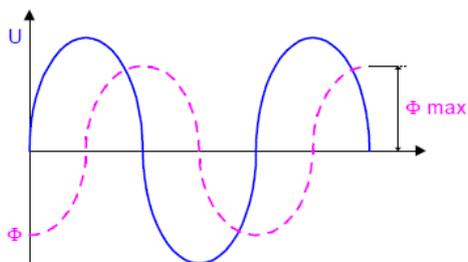
C'est une caractéristique importante du transformateur.

Elle renseigne sur l'importance des fuites magnétiques ( $X_2 \cdot I_{2cc}$ ) et de la chute de tension ( $r_2 \cdot I_{2cc}$ ).

$m$  = rapport de transformation

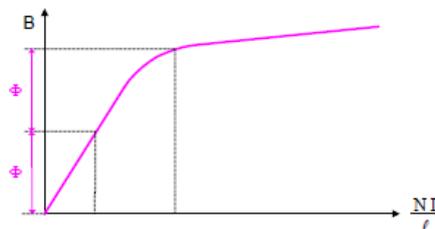
## 1.6 Surintensité à l'enclenchement d'un transformateur

En fonctionnement normal le flux est maximum quand  $U$  est nul.



A l'instant de l'enclenchement,  $U_1 = 0$   
 $I_1 = \text{max.}$   
 $\Phi_1 = \text{max.}$

Or, c'est  $I_1$  qui crée le flux  $\Phi_1$ , qui lui-même crée la f.c.é.m.  $E_1$ .



Pour créer cette f.c.é.m. il faut que entre deux passages de  $U_1$  par zéro, le flux varie de 2 fois le flux maxi.

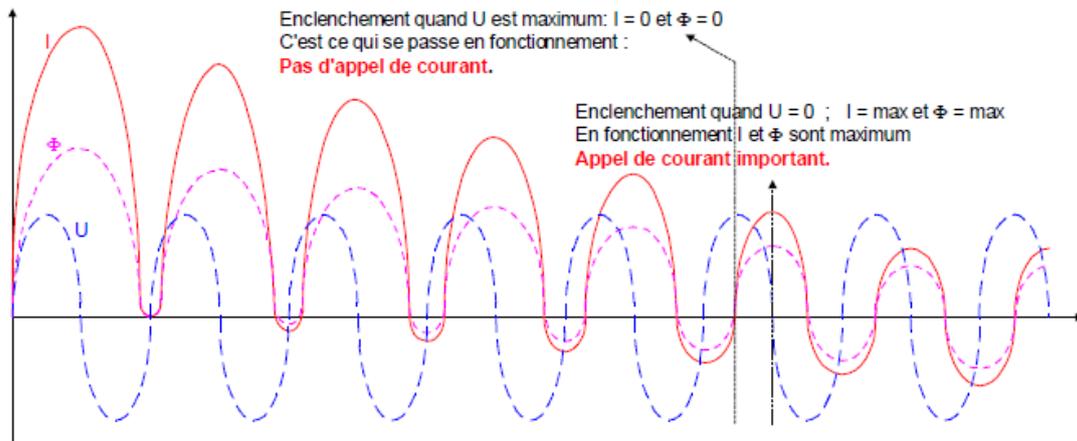
Pour avoir  $2\Phi$  max. il faut plus du double du courant nominal.

Voir la courbe d'induction  $B = f\left(\frac{NI}{l}\right)$

Il peut être jusqu'à 10 fois plus grand.

Si le transformateur est en charge, ce courant de charge s'ajoute en plus.

C'est la chute résistive qui limite l'intensité et la ramène à sa valeur normale après quelques périodes.

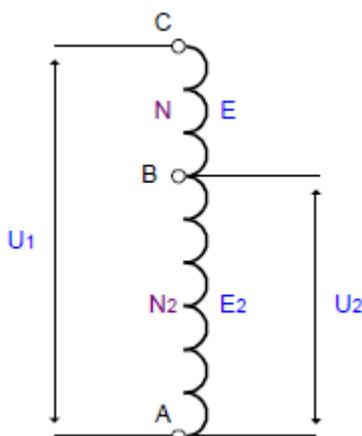


Il faut donc protéger le primaire des transformateurs par des fusibles lents plutôt que par une protection magnétique.

## 1.7 Types de transformateurs

### 1.7.1 L'auto transformateur

Il ne comporte qu'un seul enroulement. La borne A est commune au primaire et au secondaire, une prise intermédiaire B correspond à la plus petite des deux tensions.



$$U_1 = E + E_2$$

$$U_2 = E_2$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{E + E_2}{E_2} = \frac{N + N_2}{N_2}$$

Appareil simple et peu coûteux.

Il peut être dangereux : si  $N_2$  est coupé,  $U_2 = U_1$

Il n'y a pas d'isolation entre les circuits.

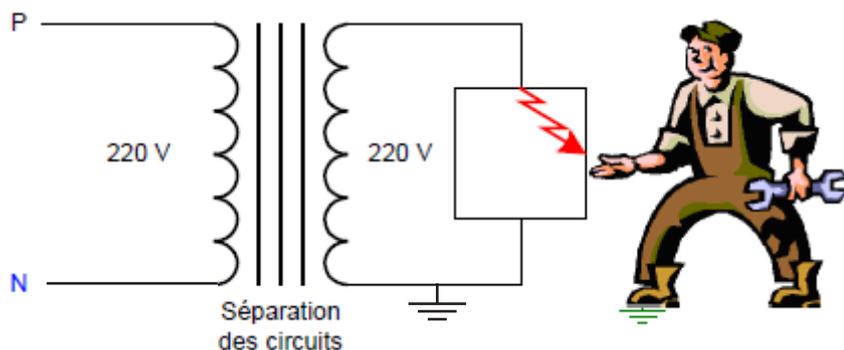
**Il ne peut être utilisé dans les installations domestiques.**

Symbole normalisé



## 1.7.2 Le transformateur d'isolement

Il est construit de manière à obtenir une séparation électrique entre les enroulements primaires et secondaires.



**Pas de danger d'électrocution, en cas de défaut sur une phase.**

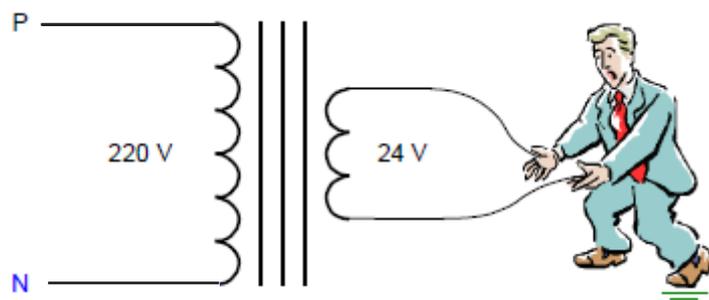
Un défaut d'isolement côté primaire n'a pas d'influence sur le secondaire.

Symbole normalisé



## 1.7.3 Le transformateur de sécurité

Il est destiné à alimenter un circuit de distribution, un appareil d'utilisation ou un autre équipement en très basse tension (TBT < 50 V).



Le contact sur les deux phases peut être supporté sans danger.

Symbole normalisé



## 1.7.4 Le transformateur de mesure

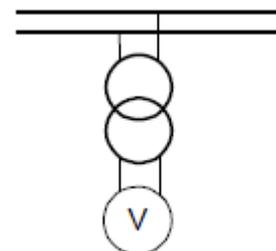
### 1.7.4.1 Le transformateur de potentiel (TP)

Surtout utilisé pour la mesure et le comptage en haute tension. Les limites de l'isolation d'un voltmètre et la sécurité de l'utilisateur interdisent la mesure directe des tensions élevées.

On abaisse donc la tension à mesurer à une valeur raisonnable par un transformateur de potentiel.

Le circuit magnétique est calculé largement et est très soigné de façon que les fuites soient pratiquement nulles.

Les deux enroulements doivent être rigoureusement isolés entre eux et par rapport à la carcasse.



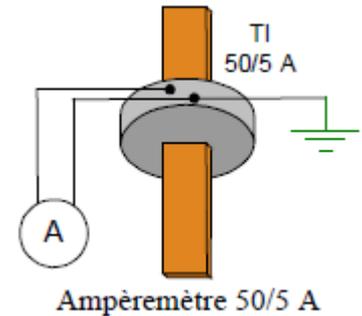
### 1.7.4.2 Le transformateur d'intensité (TI)

Le courant dans un fil de ligne peut être très élevé et d'autre part sa mesure directe présenterait les mêmes dangers que celle d'une tension.

On interpose entre le fil et l'ampèremètre un TI. Comme on veut avoir  $I_2 < I_1$ , il faut que  $m = \frac{I_1}{I_2}$  soit très grand.

Le primaire est généralement constitué par une seule spire, c'est le fil de ligne (ou la barre du jeu de barres) sur lequel est bobiné le secondaire.

Le calibre de l'ampèremètre est généralement 5 A.



Il est dangereux d'ouvrir le circuit secondaire d'un TI, car une tension très élevée apparaît entre ses bornes.

Dans un transformateur normal c'est  $I_2$  qui engendre  $I_1$ . Les flux s'opposent, et le  $\Phi$  résultant est  $\Phi_0$ .

Dans un TI,  $I_1$  engendre  $I_2$ .

Si  $I_2 = 0 \Rightarrow \Phi_2 = 0$

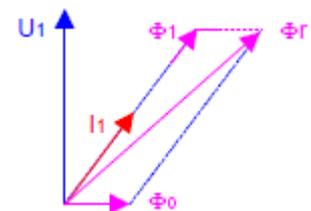
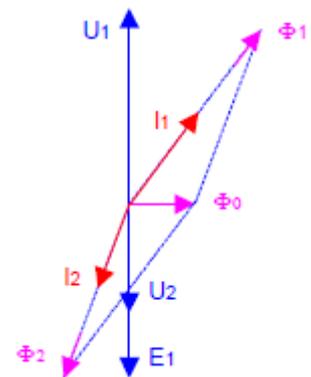
Le  $\Phi$  résultant entre  $\Phi_1$  et  $\Phi_0$  est très élevé.

$E_2 = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \text{très élevé} = \text{DANGER !!!}$

**Il faut court-circuiter le secondaire si l'ampèremètre doit être enlevé du circuit.**

**On ne met pas de fusible au secondaire d'un TI.**

**Une des bornes sera reliée à la terre.**



### 1.7.4.3 La pince ampérométrique

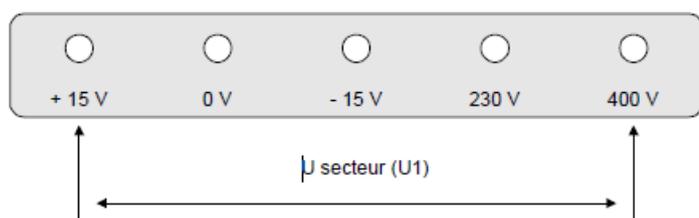
C'est un transformateur d'intensité permettant de mesurer un courant sans couper le fil.

## 1.8 Le transformateur - Ajustement de la tension de sortie

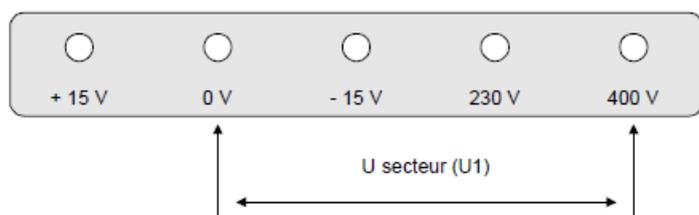
Les transformateurs de commande et de signalisation sont équipés de prises  $\pm 15$  V au primaire.

Ces prises permettent :

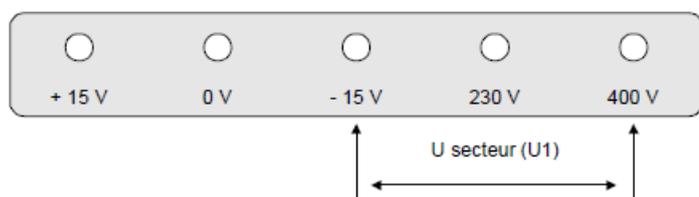
- ✓ De s'adapter à la tension réseau disponible ;
- ✓ De moduler la tension secondaire en fonction de la charge. En effet, si cette charge est inférieure à la charge nominale, la tension secondaire sera plus élevée que prévu : plus la charge est faible, plus la tension est élevée. Pour réduire cette tension, il faut se brancher entre les bornes + 15 V et 230 V, si la tension réseau est de 230 V.



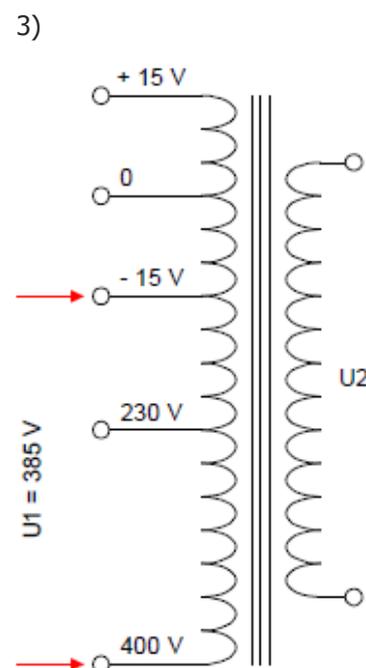
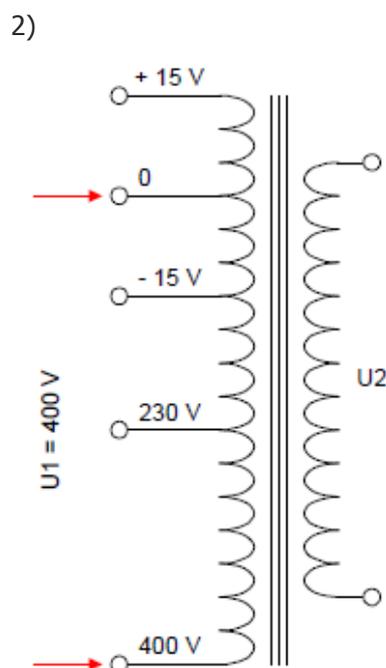
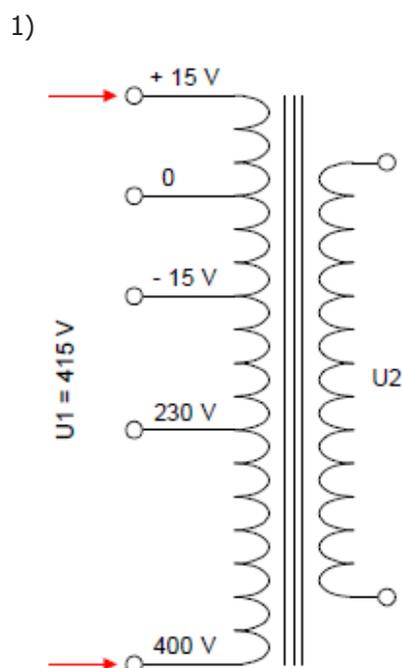
- ✓ Si  $U_1 > 230$  ou  $400$  V ;
- ✓ Si  $I_2 < I_{2n}$  (si la charge est inférieure à la charge nominale réduire la tension secondaire) ;



- ✓ Si  $U_1 > 230$  ou  $400$  V avec une charge  $I_2 \approx I_{2n}$  ;



- ✓ Si  $U_1 < 230$  ou  $400$  V avec une charge  $I_2 \approx I_{2n}$ .

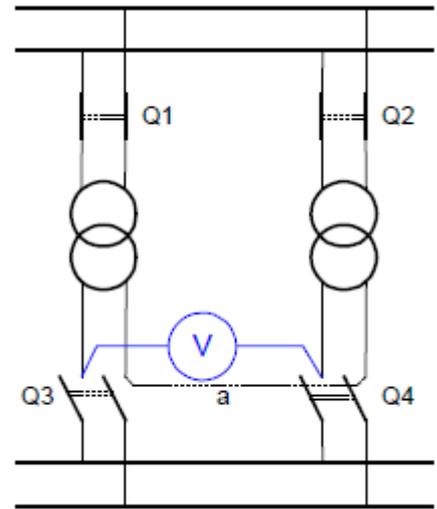


### 1.8.1 Mise en parallèle de deux transformateurs monophasés

a est une connexion provisoire pour la lecture de  $V = 0$

Conditions de mise en parallèle :

1. Même rapport de transformation,
2. Tension secondaire en phase (lecture du voltmètre),
3. Pour un bon fonctionnement, les transformateurs doivent avoir la même tension de court-circuit.



### 1.8.2 Questions sur les transformateurs

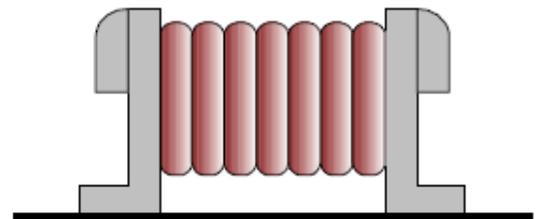
Comment est assurée la protection des personnes contre les contacts indirects ?

**Les transformateurs ont été répartis suivant trois classes selon le degré de protection qu'ils assurent.**

Classe 0 :

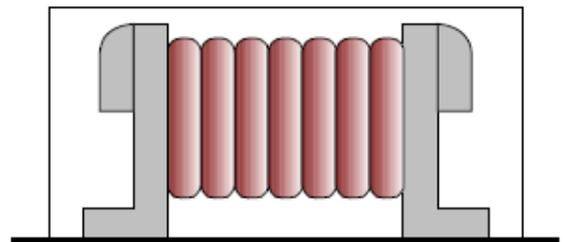
Transformateur ayant une isolation fonctionnelle, (assurant le fonctionnement convenable et la protection fondamentale), sans dispositif permettant le raccordement des parties métalliques à un conducteur de protection.

Doit obligatoirement être utilisé à l'intérieur d'une enveloppe.



Classe 1 :

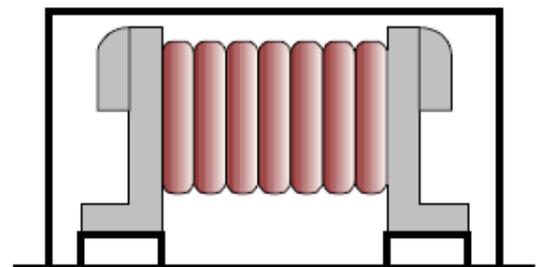
Transformateur nu ou protégé ayant une isolation fonctionnelle et permettant le raccordement des parties métalliques accessibles à la terre.



Classe 2 :

Transformateur dont les parties accessibles sont séparées des parties actives par une double isolation ou une isolation renforcée.

Le conducteur de protection n'est plus nécessaire.



Quelles températures maximales garantissent les classes des isolants ?

Classe	Température en °C
Y	90
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180
C	> 180

Les caractéristiques sont établies pour une température ambiante de 35 °C

### 1.9 Les transformateurs triphasés



Pour changer la tension d'un système triphasé, on peut fort bien utiliser trois transformateurs monophasés.

Chaque primaire est relié à une phase et ils peuvent être couplés en étoile ou en triangle. Ils fonctionnent comme des récepteurs.

Les trois secondaires constituent trois générateurs qui peuvent aussi être reliés en étoile ou en triangle.

Il est plus avantageux d'utiliser un seul transformateur triphasé : on gagne, à la fois sur l'encombrement et sur le poids de fer utilisé.

### 1.9.1 Constitution

---

La carcasse magnétique est de forme plus ou moins compliquée.

Le modèle le plus fréquent se compose de trois noyaux ou colonnes feuilletés, placés dans un même plan et réunis par des traverses ou culasses également feuilletées.

Pour des puissances très élevées, la carcasse magnétique peut comporter 4 ou 5 noyaux dont 3 seulement sont bobinés, les autres servant de retour aux flux magnétiques des trois noyaux bobinés.

Sur chaque noyau sont enfilés un enroulement basse tension (BT) et un enroulement haute tension (HT).

### 1.9.2 Prises de réglage

---

**Suivant leur place dans le réseau, les transformateurs sont plus ou moins affectés par les chutes de tension dans leur alimentation.**

Pour en tenir compte, les enroulements HT comportent quelques spires de réglage sur chaque phase.

On emploie pour cela un commutateur approprié dont certains modèles permettent d'effectuer l'opération en charge.

Les valeurs de réglage sont normalisées à environ 5 % de la tension nominale.

### 1.9.3 Refroidissement

---

Il existe plusieurs systèmes de refroidissement :

- ✓ Refroidissement naturel par air ambiant.  
Ce procédé suffit en général pour les transformateurs triphasés de moins de 20 kV.  
Actuellement, il existe sur le marché, des transformateurs de 50 à 5000 kVA, 11.5 kV de type sec, c'est-à-dire dont la masse magnétique et les enroulements sont placés dans une armoire métallique ;
- ✓ Refroidissement par air soufflé.  
Un ventilateur fait circuler de l'air dans l'enceinte du transformateur.
- ✓ Refroidissement dans du liquide de refroidissement et air ambiant.  
Le transformateur est plongé dans une cuve en tôle ondulée, remplie d'un liquide de refroidissement.

Auparavant c'était de l'huile minérale, mais celle-ci étant inflammable, elle fut remplacée par des hydrocarbures chlorés tels que le pyranol, pyralène, généralement appelés Askarel.

Ces produits sont malheureusement toxiques lorsqu'ils se consomment. Il a donc fallu trouver un nouveau liquide de refroidissement qui est également un produit de synthèse de l'industrie chimique.

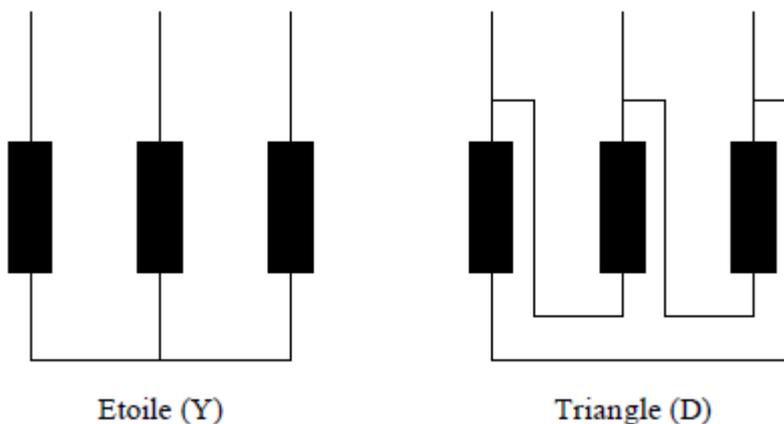
- ✓ Refroidissement dans du liquide de refroidissement réfrigéré artificiellement.

Ce procédé est utilisé pour les transformateurs de grosses puissances.

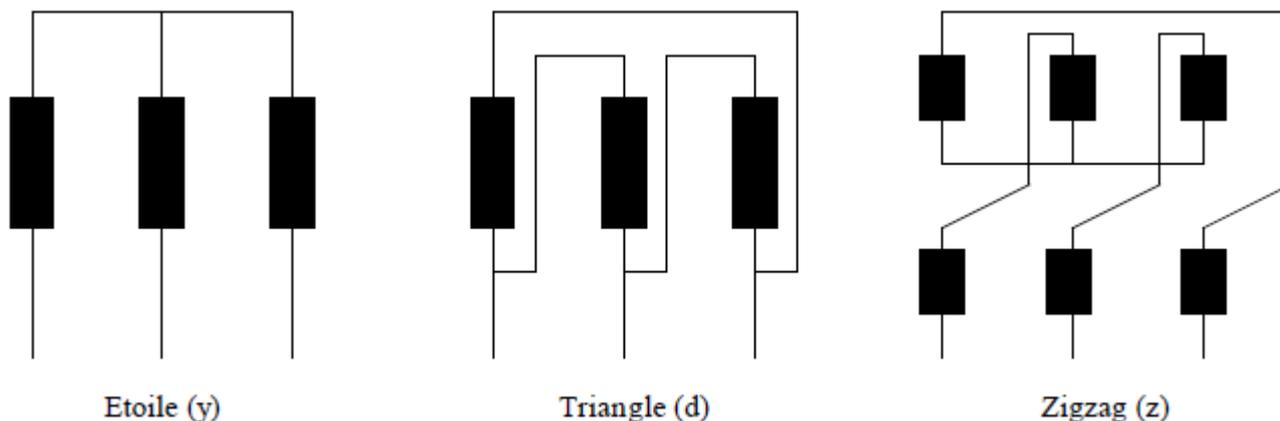
### 1.9.4 Utilisation

Le transport et la distribution de l'énergie électrique nécessitent l'emploi de nombreux transformateurs triphasés.

### 1.9.5 Couplages primaires



### 1.9.6 Couplages secondaires



Avec le couplage zigzag, un éventuel déséquilibre au secondaire se trouve mieux réparti au primaire.

Les deux couplages Y et D du primaire et les trois couplages possibles au secondaire y, d, z, donnent ainsi six combinaisons, la première lettre correspondant au primaire.

$$Yy - Yd - Yz - Dy - Dd - Dz$$

La majuscule représente la HT, la minuscule la BT.

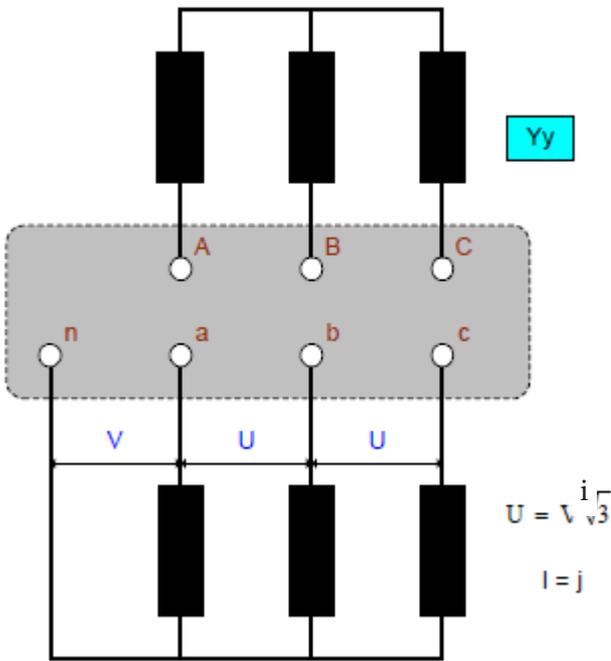
Les couplages les plus utilisés sont :

$$Yy - Dy - Yz - Yd$$

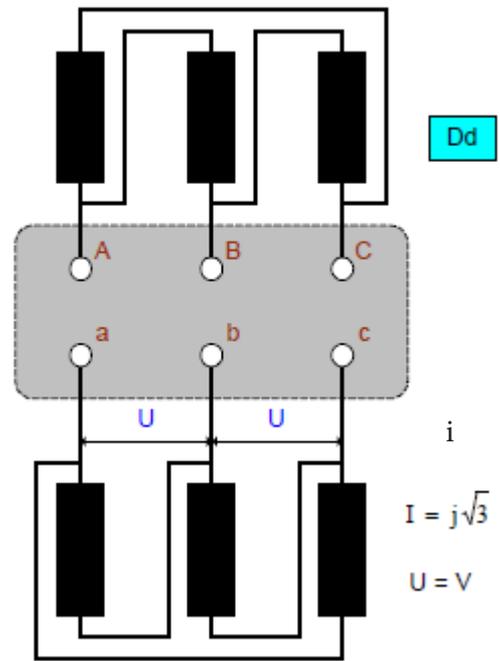
### 1.9.7 Repérage des bornes du transformateur

Elles sont repérées par les lettres A, B, C pour le côté HT et a, b, c pour les phases correspondantes de la BT.  
S'il y a un neutre (cas de l'étoile ou du zigzag), on ajoute la lettre N ou n à la borne.

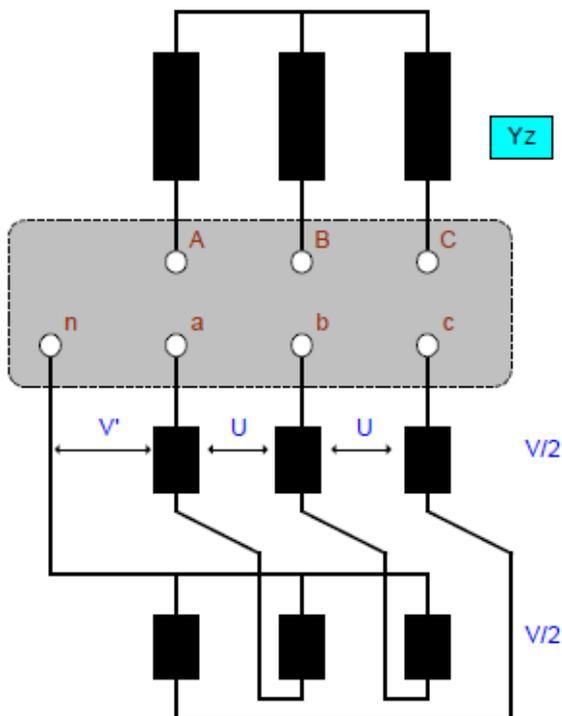
Secondaire en étoile



Secondaire en triangle



Secondaire couplé en zigzag

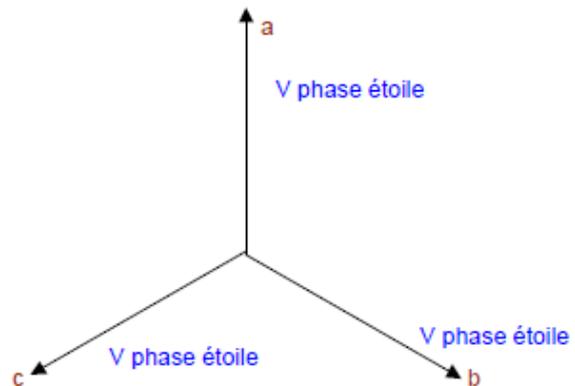


U = tension entre phases

V' = tension par phase en montage zigzag.

V/2 = tension d'un demi-enroulement zigzag.

V = tension par phase en montage étoile.



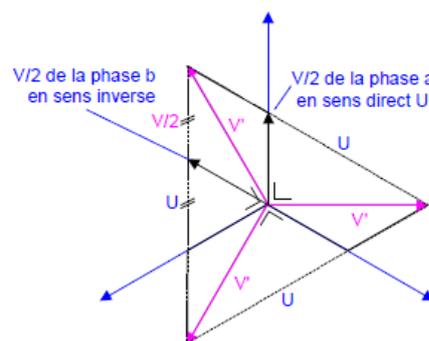
Les deux vecteurs  $V/2$  ont pour résultante  $V'$  qui est la tension par phase en zigzag.

$$V' = 2 \frac{V}{2} \cos 30^\circ$$

$$V' = V \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$V' = 0,866 V$$

$$U = \text{tension composée} = V' \sqrt{3} = V \frac{\sqrt{3}}{2} \sqrt{3} = 1,5 V$$

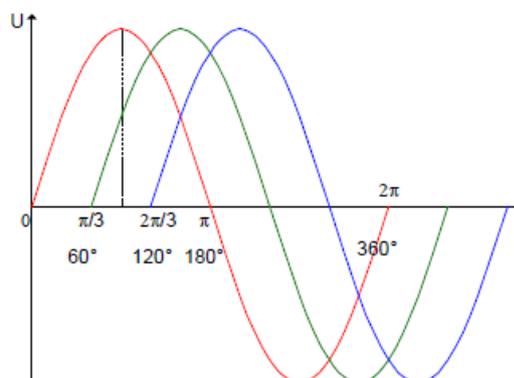
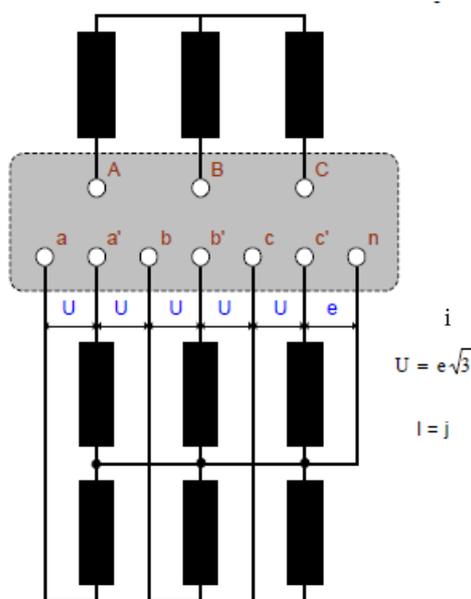


Le secondaire d'un transformateur triphasé peut parfois être couplé d'une autre façon pour des applications spéciales.

### 1.9.8 Secondaire en hexaphasé

Utilisé pour l'alimentation des redresseurs, on obtient une tension triphasée en réunissant les trois points milieu des enroulements secondaires pour former un neutre.

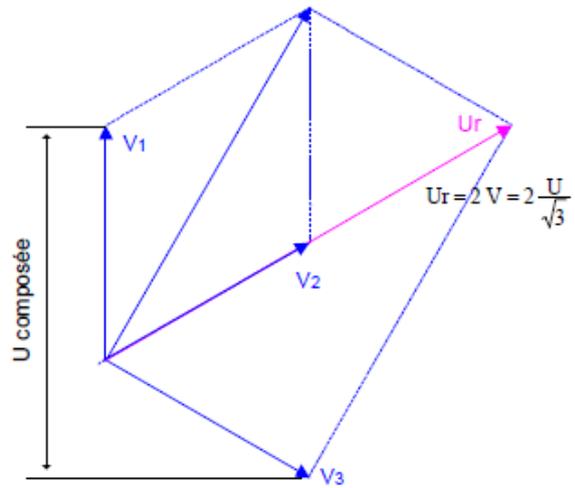
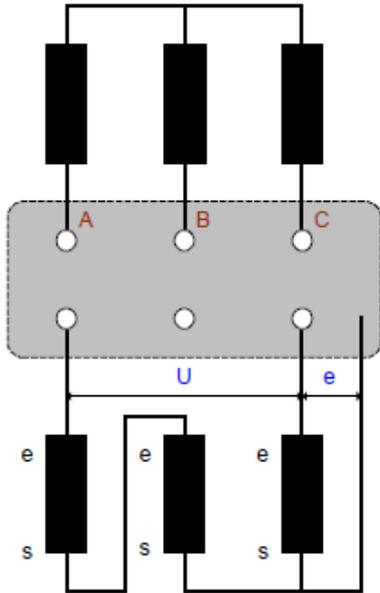
Les phases sont décalées de  $60^\circ$  entre elles ( $\frac{360^\circ}{6} = 60^\circ$ )



### 1.9.9 Secondaire en tri-mono (montage Ulbricht)

Les trois enroulements secondaires sont réunis en série, deux phases conservant leur sens normal, la troisième étant inversée.

Si  $U$  est la tension composée entre les bornes du secondaire lorsqu'il est couplé en étoile, la tension  $V = \frac{U}{\sqrt{3}}$



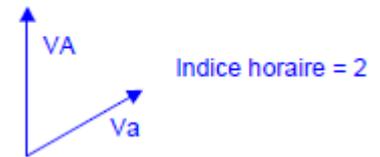
L'indice horaire.

Un transformateur triphasé modifie la grandeur de la tension, mais également, suivant le couplage le déphasage entre U1 et U2. Ces déphasages sont toujours des multiples de 30° (c'est l'angle entre les heures successives d'une horloge), de ce fait il convient d'indiquer ce déphasage par l'indice horaire.

On suppose le transformateur alimenté par sa haute tension, le vecteur représentant la tension appliquée à la phase A est placé sur 12, c'est la grande aiguille d'une montre.

- A     B     C  
 a     b     c

Le vecteur représentant la tension sur la même phase de l'enroulement basse tension est la petite aiguille de la montre.

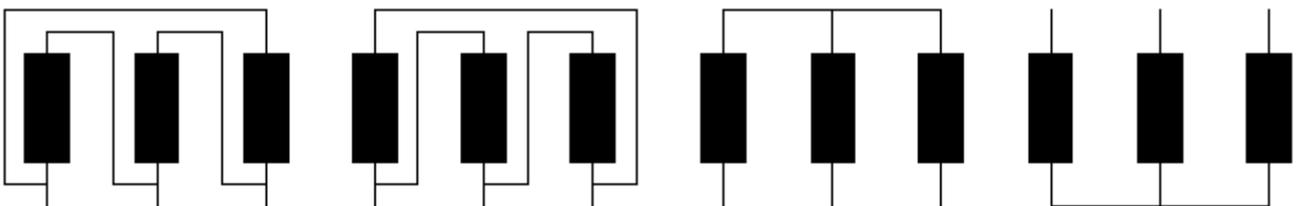


L'heure indiquée fournit l'indice horaire.

V = tension simple

### De quoi dépend l'indice horaire ?

- ✓ Des modes de couplage au primaire et au secondaire

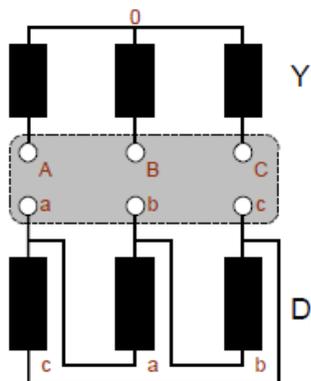


- ✓ Du sens des enroulements sur une même colonne (supposons qu'il est le même)

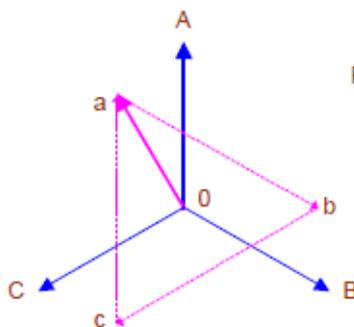


- ✓ Du sens dont tournent les tensions simples.

Exemple :



Représentons en  $OA, OB, OC$  les tensions simples du primaire



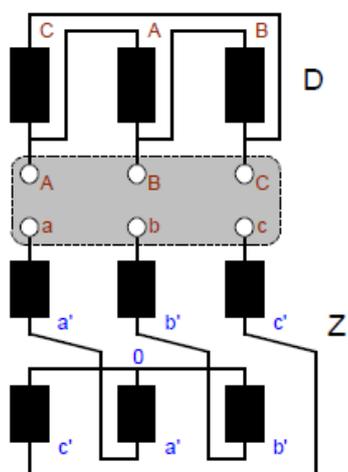
Plaçons la grande aiguille sur 12

$c$  a est en phase avec  $OA$

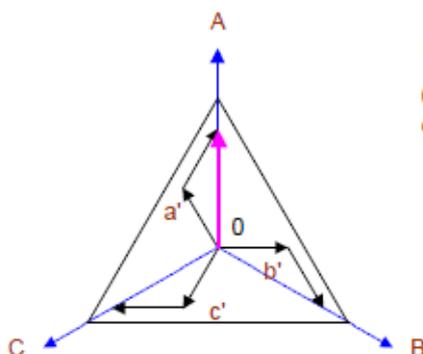
$a$  b est en phase avec  $OB$

$b$  c est en phase avec  $OC$

**Yd 11**



Représentons suivant le triangle ABC les tensions simples primaires  $AB, BC, CA$  et les tensions fictives correspondantes du secondaire.



Plaçons la grande aiguille sur 12

$0a'$  est en phase inversée avec  $AB$   
et  $a'a$  en phase avec  $CA$

$0b'$  est en phase inversée avec  $BC$   
et  $b'b$  en phase avec  $AB$

(idem pour la 3ème phase)

**Dz 0**

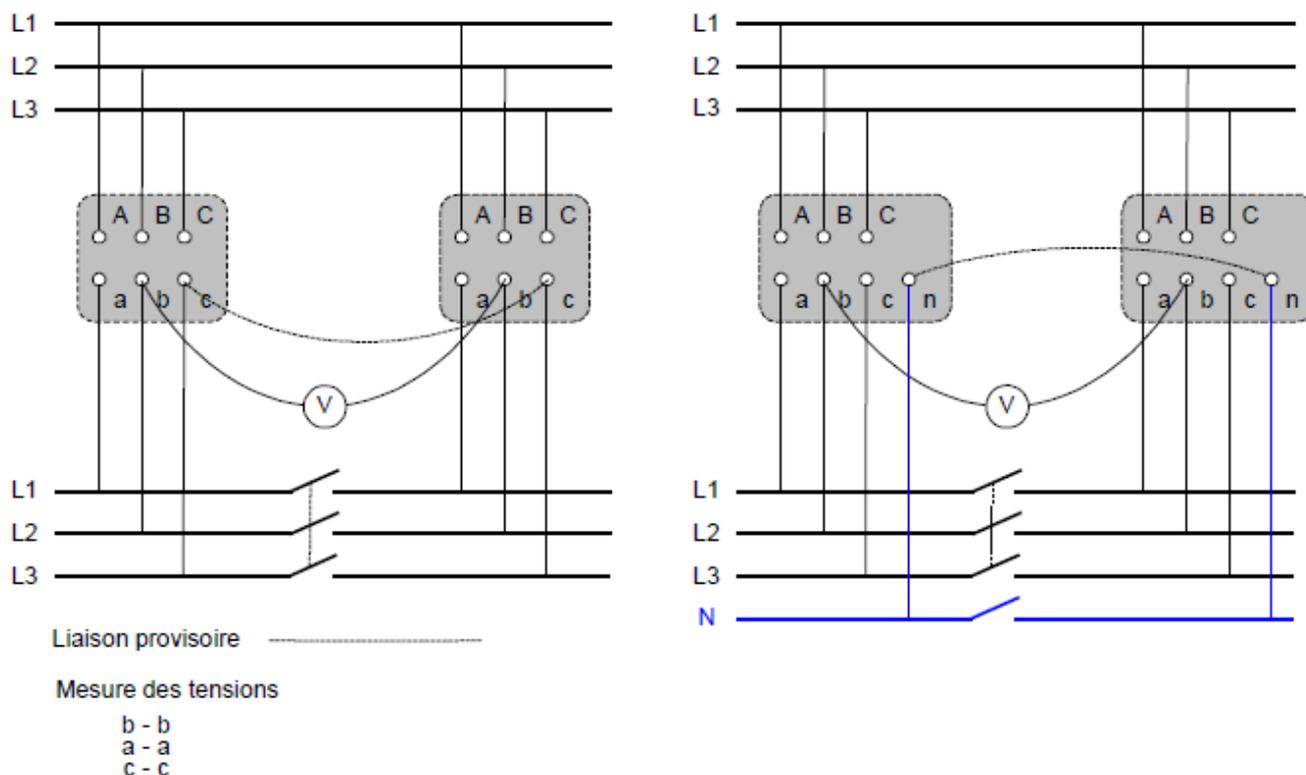

### 1.9.10 Mise en parallèle des transformateurs triphasés

Lorsqu'un transformateur débitant sur un réseau vient à la limite de sa charge et que la puissance demandée continue à augmenter, il est nécessaire de mettre un second appareil en service.

Les deux transformateurs devront fonctionner en parallèle à la haute et à la basse tension.

#### 1.9.10.1 Conditions à remplir pour la mise en parallèle des transformateurs

- ✓ Rapports de transformation à vide identiques (voir la plaque signalétique) ;
- ✓ Tensions de court-circuit identiques (pas plus de 15% de différence) ;
- ✓ Raccordement correct des bornes d'entrées et de sorties des enroulements (voir ci-dessous le contrôle du raccordement) ;
- ✓ Les couplages des transformateurs doivent appartenir au même groupe (voir la plaque signalétique Yy 11 ou autre) ;
- ✓ Puissances nominales des transformateurs très peu différentes.  
(En général, le rapport est compris entre 2.5 et 1)  
Exemple : avec un transformateur de 100 kVA, le nouvel appareil peut avoir 250 kVA au maximum et 40 kVA au minimum.

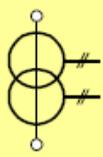
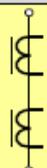
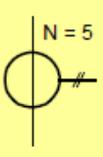
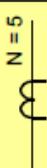
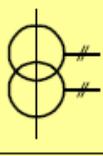
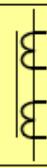
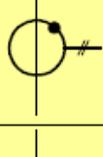
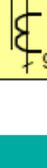


Les voltmètres doivent indiquer zéro ( 2 à 3 V si la tension est élevée 220 – 380 V)

Le voltmètre doit être prévu avec un calibre du double de la tension, parce que la tension peut atteindre cette valeur en cas de mauvaise connexion.

Si les voltmètres indiquent une certaine tension, croiser 2 fils, si l'on n'arrive pas au zéro, les transformateurs n'appartiennent pas au même groupe.

Symboles		Légende
Forme 1	Forme 2	
		Transformateur à deux enroulements.
		Transformateur à deux enroulements avec indicateur de polarité des tensions instantanées.
		Transformateur à trois enroulements.
		Autotransformateur.
		Inductance
		Transformateur de courant. Transformateur d'impulsion.

Transformateurs de mesure		
		Transformateur de courant à deux enroulements secondaires, chacun sur un circuit magnétique
		Transformateur de courant sans primaire bobiné avec cinq passages du conducteur primaire
		Transformateur de courant à deux enroulements secondaires sur un circuit magnétique commun
		Transformateur de courant à un enroulement secondaire à trois bornes
		Transformateur d'impulsion ou de courant à un enroulement et 3 conducteurs traversant
		Transformateur d'impulsion ou de courant avec deux enroulements sur le même noyau et 9 conducteurs

Exemples de transformateurs à enroulements séparés.		
		Transformateur monophasé à 2 enroulements avec écran
		Transformateur à prise médiane sur un enroulement.
		Transformateur monophasé à 2 enroulements secondaires séparés
		Transformateur à couplage réglable
		Transformateur triphasé, couplage étoile-triangle
		Transformateur triphasé à quatre prises, couplage étoile-étoile (non compris la prise principale)
		Groupe de trois transformateurs monophasés, couplage étoile-triangle
		Transformateur triphasé à prises multiples avec commutateur de prise pour manœuvre en charge
		Transformateur triphasé couplage étoile-zigzag, neutre sorti au secondaire

		Autotransformateur triphasé, couplage étoile
		Autotransformateur monophasé à réglage progressif de la tension

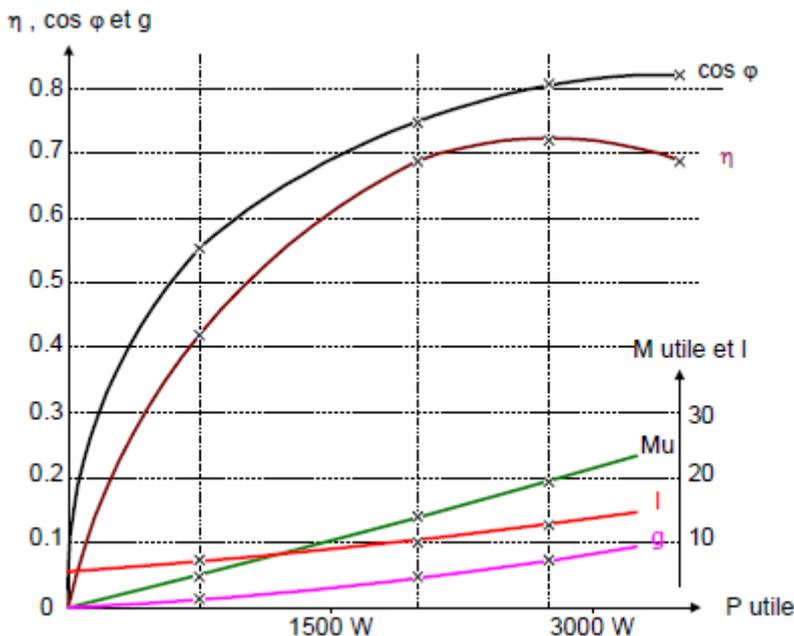
## 2 Le moteur à cage

Les barres métalliques constituant la cage d'écuriel sont coupées par le champ tournant produit par le stator, ce qui donne naissance à des courants induits intenses.

L'interaction de ces courants et du champ tournant donne un couple moteur qui provoque la rotation de la cage.

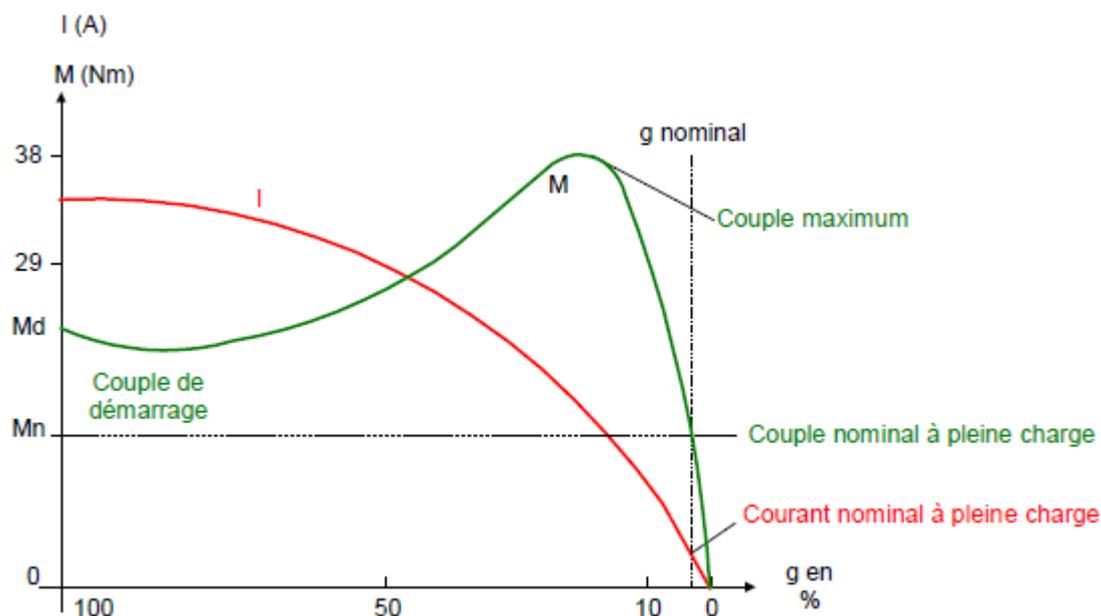
### 2.1 Courbes caractéristiques du moteur asynchrone

#### 2.1.1 En fonction de la puissance utile



- ✓ Le courant croît avec la puissance utile ;
- ✓ Le glissement augmente quand la puissance augmente, mais ne dépasse pas quelques % de la valeur nominale ;
- ✓ Le facteur de puissance s'améliore quand la charge augmente, et est maximal au voisinage de la charge nominale ;
- ✓ Le rendement a la même allure que le facteur de puissance ;
- ✓ Le couple moteur est sensiblement proportionnel à la puissance.

## 2.1.2 En fonction du glissement



- ✓ Le courant reste très élevé pendant le démarrage jusqu'à un glissement de 20 % environ ;
- ✓ Le couple croît jusqu'à un maximum correspondant à un glissement de 20 % environ, puis décroît pour s'annuler quand  $g$  est voisin de zéro.

## 2.1.3 Définitions

Couple nominal	C'est le couple que le moteur peut développer en permanence, sans excès de température. C'est donc le couple fourni à pleine charge.
Couple de démarrage	<p>Ce couple est proportionnel au flux magnétique du stator et au courant dans le rotor, lui-même proportionnel au glissement qui est maximum au démarrage.</p> <p>Pour un moteur courant, le couple de démarrage vaut environ deux fois le couple nominal.</p>
Couple maximum	<p>Il correspond à un glissement d'environ 20 %.</p> <p>Le couple maximum vaut 2.2 à 3.7 fois le couple nominal pour les moteurs courants.</p>
Le courant nominal	<p>C'est le courant absorbé par le moteur fonctionnant à pleine charge.</p> <p>Le courant de démarrage C'est le courant absorbé par le moteur au moment précis du démarrage à vitesse nulle.</p> <p>En démarrage direct, le courant représente une pointe de 5 à 6 fois le courant nominal.</p> <p><i>C'est un inconvénient qui limite la puissance des moteurs pouvant démarrer en direct dans les installations. (2 kW pour les petites installations privées).</i></p>

## 2.1.4 Rendement d'un moteur asynchrone

---

Le rendement d'une machine répond à la formule générale :  $\eta = \frac{\text{Puissance utile} \times 100}{\text{Puissance absorbée}} = \frac{P_u}{P_a} \times 100$

La puissance utile d'un moteur est indiquée sur la plaque signalétique.

La puissance utile, c'est la puissance absorbée moins les pertes :

- ✓ Pertes mécaniques, par frottement dans les paliers et la ventilation,
- ✓ Pertes magnétiques, dites « dans le fer » : par courant de Foucault, par hystérésis,
- ✓ Pertes par effet Joule, dites « dans le cuivre » : par échauffement des conducteurs.

Précédemment nous avons vu que le rendement varie avec la charge du moteur, mais il varie également selon la puissance du moteur.

- ✓ Petits moteurs de 0.1 à 7.5 kW, le rendement varie de 70 à 85 %,
- ✓ Moyens moteurs de 7.5 à 75 kW, le rendement sera de 80 à 90 %,
- ✓ Gros moteurs de plus de 75 kW, le rendement sera de 90 à 96 %.

Nous avons pu voir aussi, sur la caractéristique  $\cos \varphi = f(P_u)$ , que le facteur de puissance est faible à charge réduite.

**Il est donc important de ne pas surdimensionner un moteur, lors d'un choix de moteur.**

## 2.2 Bilan énergétique

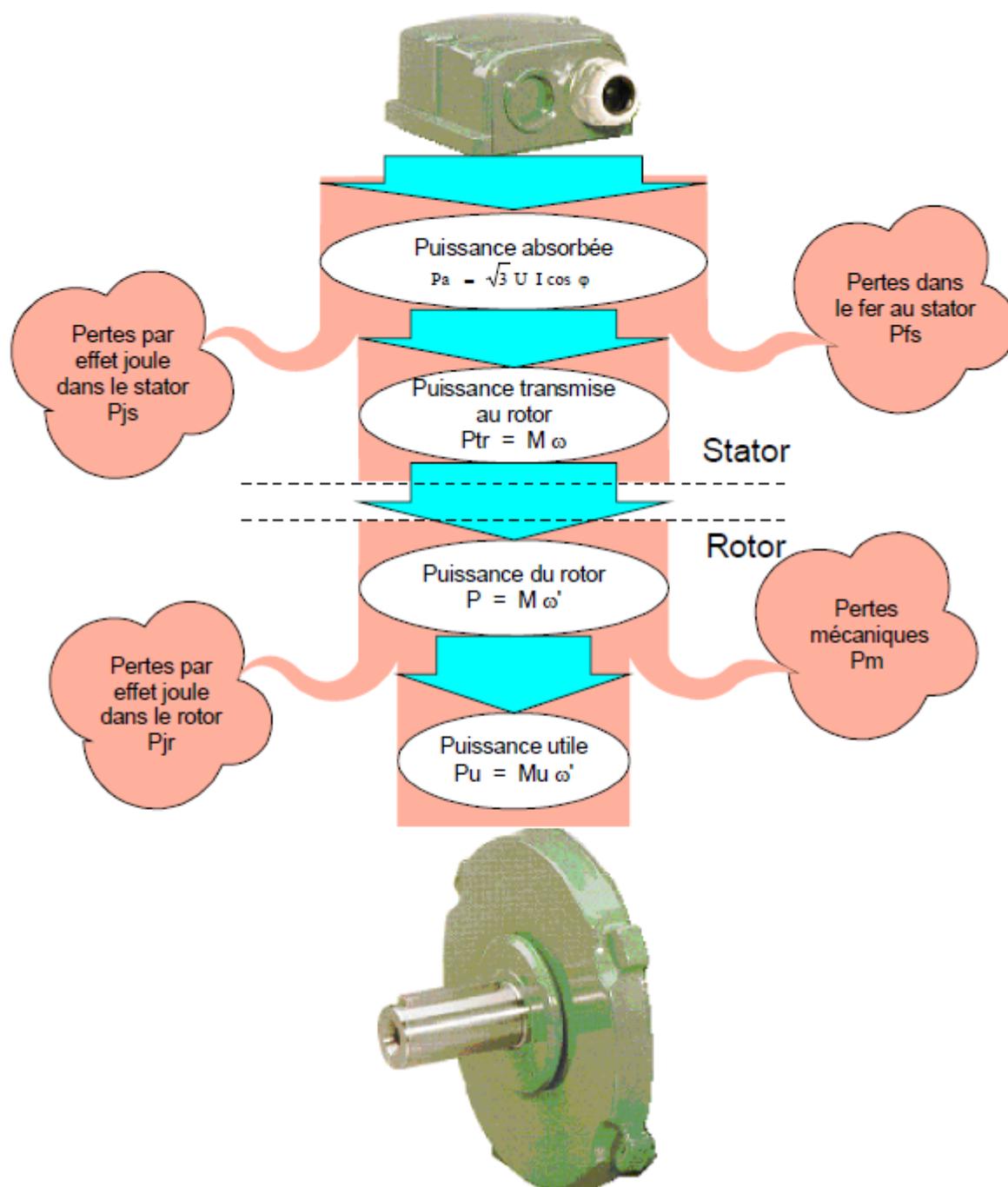
---

Les pertes dans le fer :  $p_{fs}$  – Elles sont indépendantes de la charge.

Les pertes mécaniques :  $p_m$  - Elles sont indépendantes de la charge.

On détermine ces deux pertes par un essai à vide, on mesure  $P_0$  et on retire les pertes cuivre stator à vide  $3 r I^2$  ( $r$  étant la résistance du stator) et  $P_0$  la puissance absorbée à vide.

Pertes fer rotor : elles sont négligeables, la fréquence des courants rotoriques est faible.



On détermine les pertes dans le fer et les pertes mécaniques par un essai à vide, on mesure  $P$  à vide et on retire les pertes cuivre dans le stator à vide. ( $r$  étant la résistance d'une phase du stator).

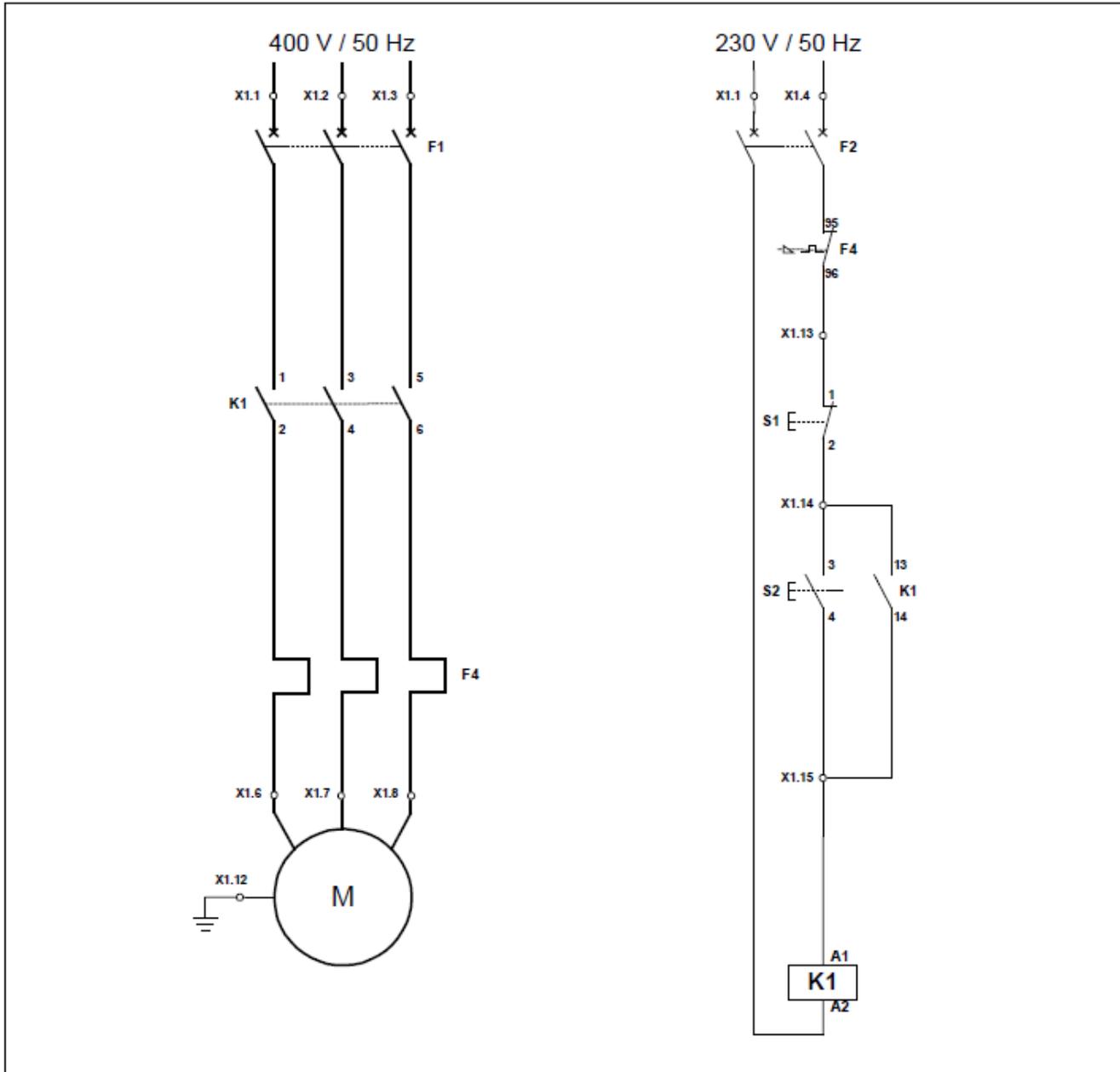
$$P_o = P_{abs} \text{ à vide} \qquad P_{js} = 3 r I^2_o \qquad P_{fs} = P_o - P_{js}$$

N.B. : Les pertes dans le fer au rotor sont négligeables car la fréquence des courants rotoriques est faible.

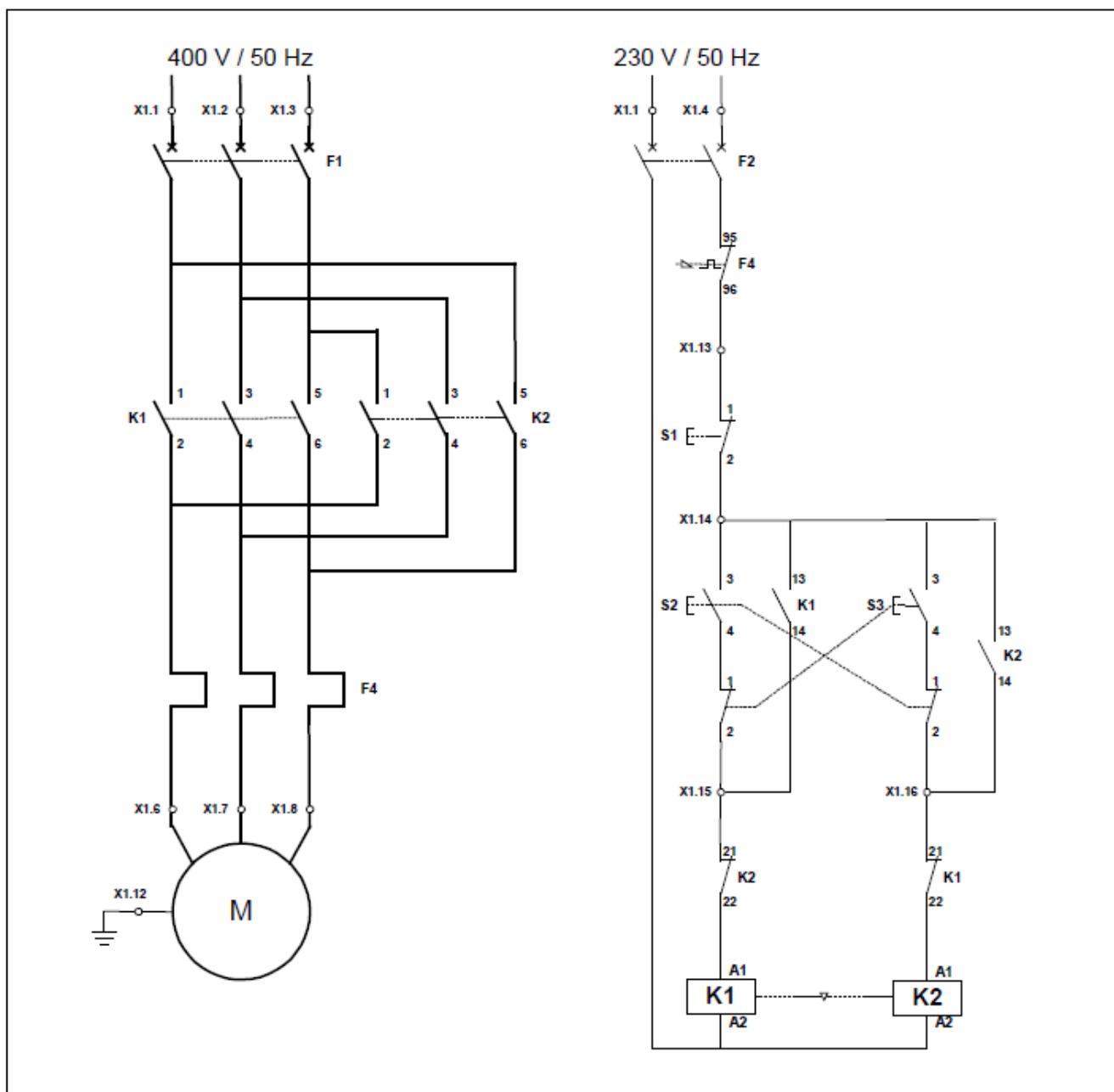
**$P_{fs} + P_m =$**   
**à l'ensemble des pertes fer.**

### 3 Schémas de démarrage d'un moteur asynchrone

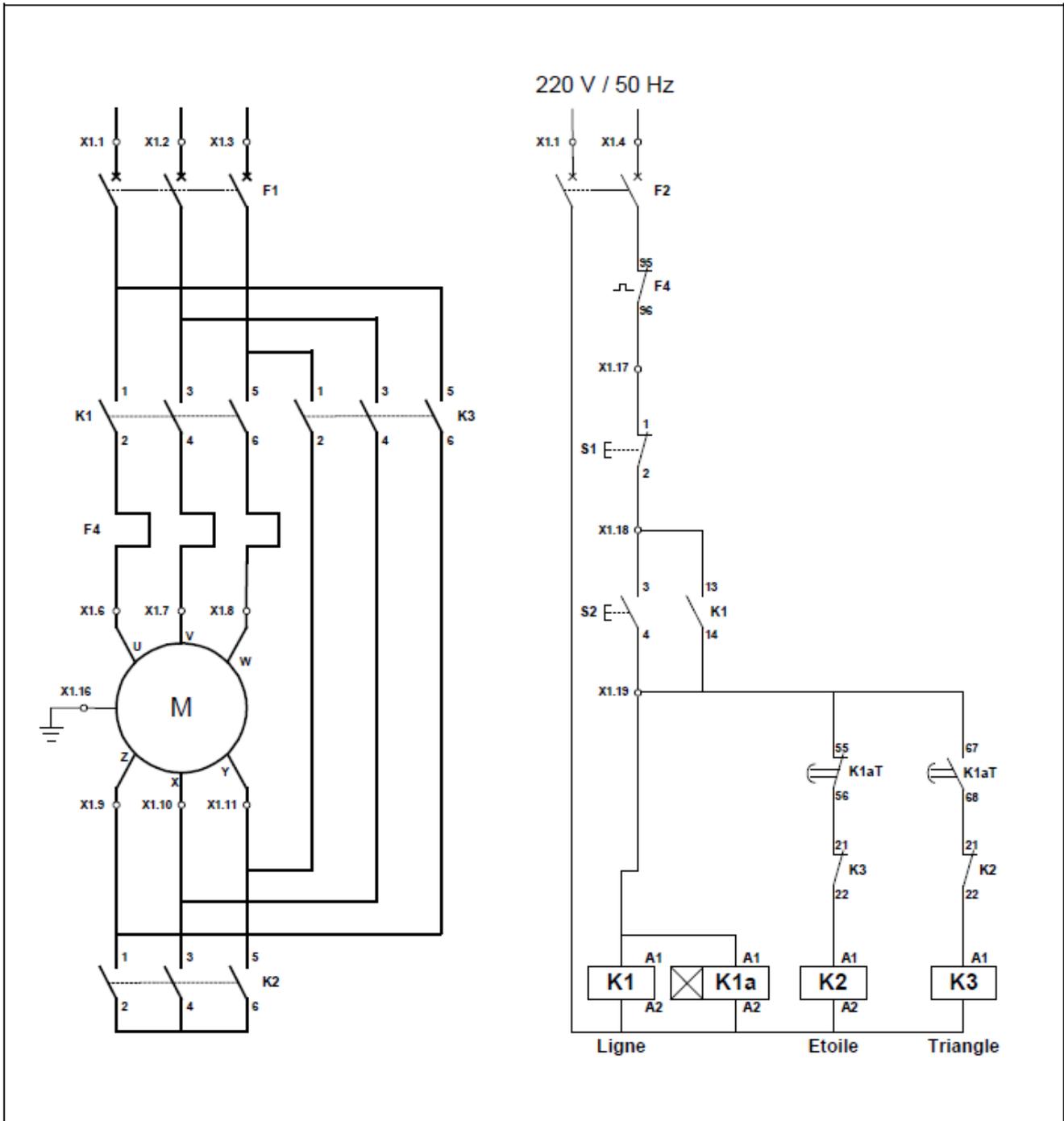
#### 3.1 Moteur asynchrone 1 sens de rotation



### 3.2 Moteur asynchrone 2 sens de rotation



### 3.3 Démarrage étoile triangle 1 sens de rotation



### 3.4 Démarrage étoile triangle 2 sens de rotation

Schéma de puissance

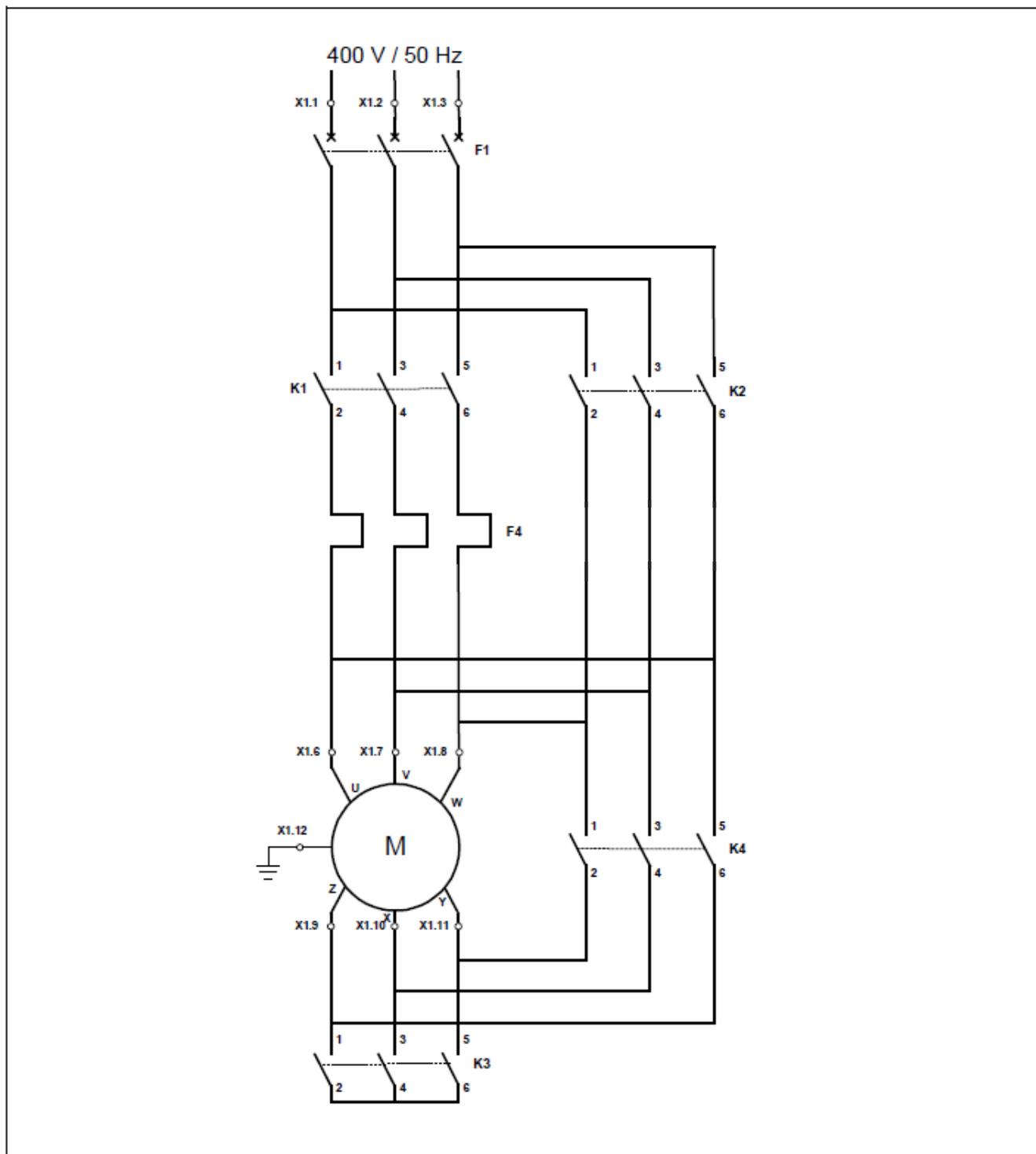
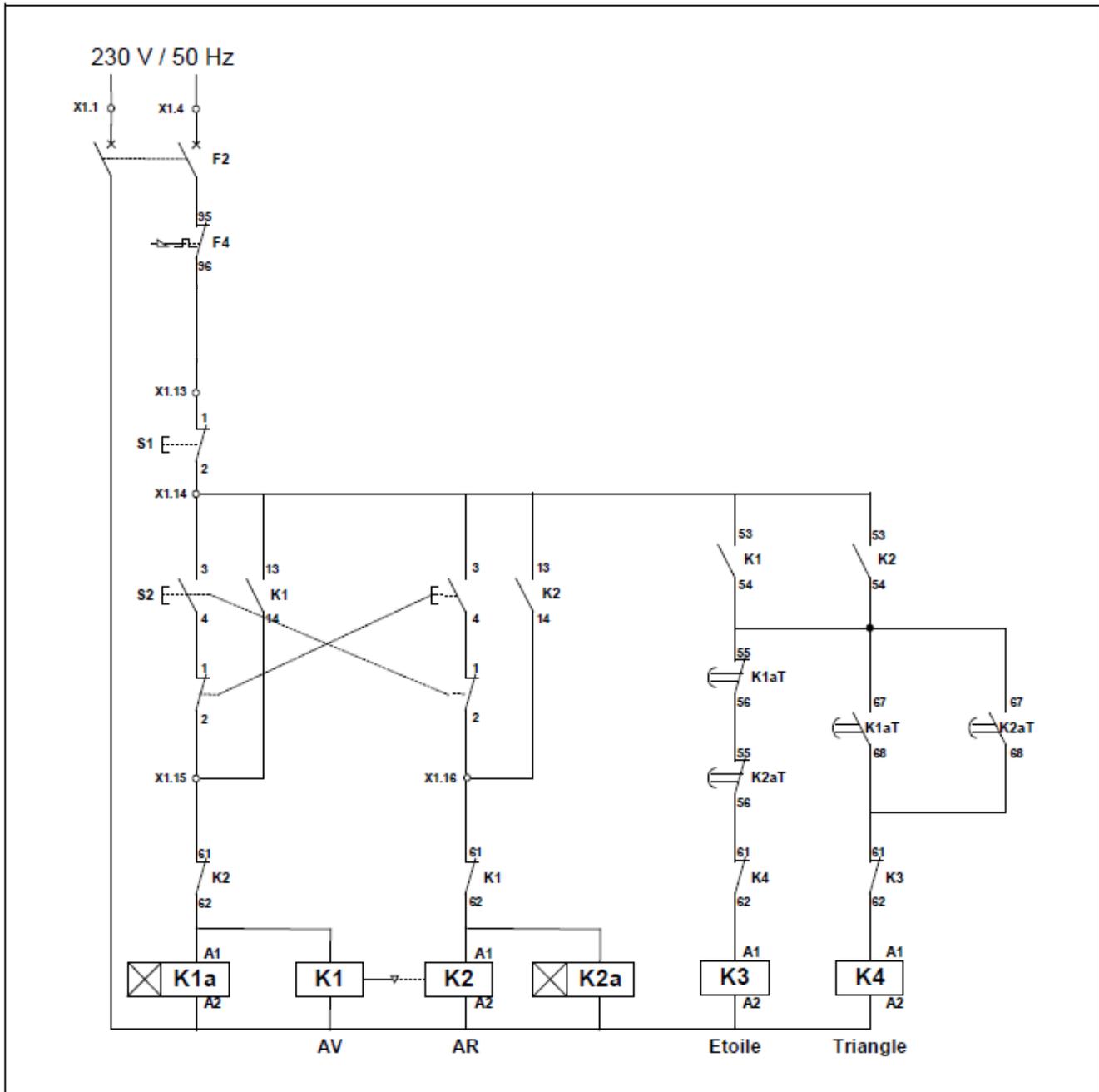


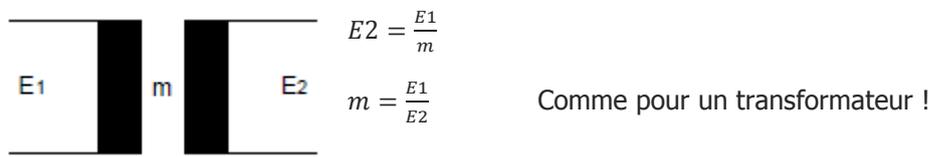
Schéma de commande



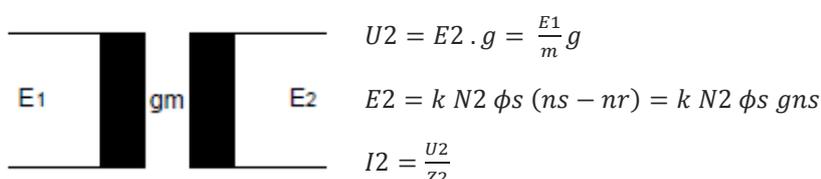
## 4 Influence du glissement sur le fonctionnement du moteur

### 4.1 Fonctionnement à rotor ouvert

A l'arrêt :  $g = 1$ , donc pas de courants induits



En rotation, on fait tourner le rotor à la vitesse  $n_r$ , le glissement =  $g$



### 4.2 Fonctionnement à rotor fermé

#### 4.2.1 Impédance du rotor

$R2$  = résistance d'un enroulement

$L2$  = l'inductance

$X2$  = réactance de self =  $L2 \omega g$

$\omega r$  = pulsation des courants rotoriques

$$Z2 = \text{impédance} \Rightarrow Z2 = \sqrt{\sqrt{R2^2 + (\omega r L2)^2}} = \sqrt{\sqrt{R2^2 + (g \omega s L2)^2}}$$

$$\cos \varphi = \frac{R2}{Z2} = \frac{R2}{\sqrt{R2^2 + (g \omega s L2)^2}}$$

#### 4.2.2 Que devient le courant du rotor ?

$$I2 = \frac{U2}{Z2} = \frac{g E2}{\sqrt{R2^2 + (g \omega s L2)^2}} \Rightarrow \text{forte intensité au démarrage}$$

$$\cos \varphi = \frac{R2}{Z2} = \frac{R2}{\sqrt{R2^2 + (g \omega s L2)^2}} \Rightarrow \text{faible } \cos \varphi, \text{ donc grand angle de déphasage.}$$

Le courant de démarrage direct  $I_{dd}$  est le même si le moteur démarre à vide ou en charge, mais il dure plus longtemps.

**Exemple :**

$$E2 = 200 \text{ V} \quad \Rightarrow \quad X2 = 1 \Omega \quad \Rightarrow \quad R2 = 0,2 \Omega \quad \Rightarrow \quad X2 = \omega L2$$

$$\text{Si } g = 1 ; 100 \% \quad \Rightarrow \quad Z2 = \sqrt{R2^2 + X2^2} = \sqrt{0,2^2 + 1^2} = 1,0198 \Omega \quad \Rightarrow \quad I2 = \frac{g E2}{Z2} = \frac{1 \times 200}{1,0198} = 196 \text{ A}$$

$$\text{Si } g = 0,03 ; 3 \% \quad \Rightarrow \quad Z2 = \sqrt{R2^2 + (g X2)^2} = \sqrt{0,2^2 + (0,03 \times 1)^2} = 0,202 \Omega$$

$$I2 = \frac{g E2}{Z2} = \frac{0,03 \times 200}{0,202} = 30 \text{ A}$$

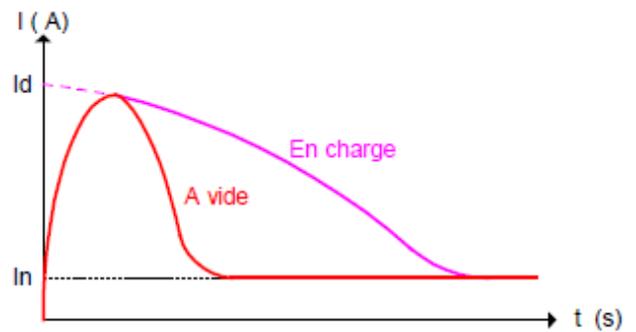
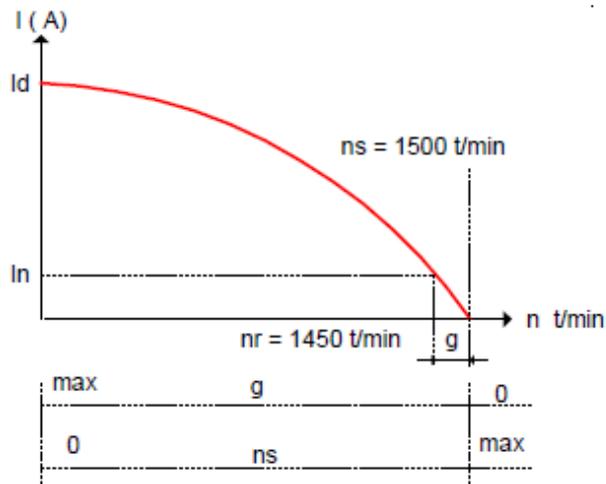
### 4.2.3 Au moment du démarrage, $I_d$ est maximum

$n_r = 0 \Rightarrow g$  est maximum  $\Rightarrow g \cdot E_2$  augmente  $\Rightarrow I_2$  et  $F_2$  augmentent  $\Rightarrow I_1$  et  $F_1$  augmentent  $\Rightarrow (g \cdot E_2$  augmente plus que  $Z_2$ ).

### 4.2.4 Au fur et à mesure que la vitesse augmente, $I$ diminue

$n_r$  augmente  $\Rightarrow g$  diminue  $\Rightarrow g \cdot E_2$  diminue  $\Rightarrow I_2$  et  $F_2$  diminuent  $\Rightarrow I_1$  et  $F_1$  diminuent  $\Rightarrow (g \cdot E_2$  diminue plus que  $Z_2$ ).

Mais si  $n_r = n_s \Rightarrow g = 0 \Rightarrow g \cdot E_2 = 0 \Rightarrow I_2 = 0 \quad I_1 = 0$



### 4.2.5 Si on charge le moteur, $I_n$ augmente

$n_r$  diminue  $\Rightarrow g$  augmente  $\Rightarrow g \cdot E_2$  augmente  $\Rightarrow I_2$  augmente  $\Rightarrow I_1$  augmente  $\Rightarrow (g \cdot E_2$  augmente plus que  $Z_2$ )

### 4.2.6 Le $\cos \Phi_2$

Le  $\cos \Phi_2$ , donc le courant actif, varie avec  $g$ . Donc avec la charge appliquée au moteur.

$$\cos \varphi = \frac{R_2}{Z_2} = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (g \omega_s L_2)^2}}$$

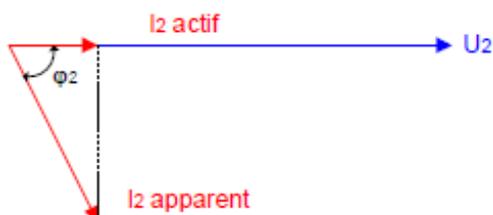
Au démarrage,  $g$  est max. (100 %)

$g \cdot E_2$  augmente  $\Rightarrow I_2$  apparent augmente

**Mais !!!**

La réactance  $g \omega_s L_2$  est plus grande que  $R_2$ , et le rotor est fortement selfique.

L'angle  $\Phi_2$  de déphasage de  $I_2$  est très grand  $\Rightarrow$  le  $\cos \Phi_2$  est petit  $\Rightarrow I_2$  actif diminue, c'est à dire  $I_2 \cos \Phi_2$  diminue.



### Pendant le démarrage g diminue

g E2 diminue  $\Rightarrow$  I2 apparent diminue

**Mais !!!**

La réactance  $\omega L_2$  est plus petite que  $R_2$ , et le rotor est fortement résistif.

L'angle  $\Phi_2$  de déphasage de I2 est petit  $\Rightarrow$  le  $\cos \Phi_2$  est grand  $\Rightarrow$  I2 actif augmente, c'est-à-dire I2  $\cos \Phi_2$  augmente.



### Conclusions

- ✓ Le courant de démarrage ( $I_d$ ) est important (5 à 8 fois le courant nominal ( $I_n$ ) du moteur ;
- ✓ Les chutes de tension en ligne peuvent devenir importantes. Le moteur ne peut démarrer avec sa charge maximum.

### 4.2.7 Que devient le couple ?

Un couple est un effort de torsion appliqué sur un solide et qui tend à le faire tourner autour d'un point.

Il y a une force (F) et un bras de levier (r).

Le couple  $M = F \times r$  ( mètre x newton = Nm )

Couple (M) exprimé en fonction de la puissance (P) et de la vitesse de rotation (n)

Le travail = Force x déplacement

$$\text{Puissance} = \frac{\text{Travail}}{\text{Temps}}$$

$$M = F \times r$$

F en Newton  
r en mètres  
M en Newton mètres

$$W = F \times l$$

F en Newton  
l en mètres  
W en joules

$$P = \frac{W}{t}$$

W en joules  
t en secondes  
P en Watt

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow P = \frac{F \times l}{t} \Rightarrow \frac{l}{t} = \frac{\text{mètres}}{\text{secondes}} = \text{vitesse linéaire } (v) \Rightarrow \text{D'où, } P = F \cdot v$$

$$\text{Si, } F = \frac{M}{r} \Rightarrow P = \frac{M \cdot v}{r} \Rightarrow v = \text{longueur de la circonférence} \times \text{vitesse de rotation} = 2\pi r n / 60$$

La vitesse angulaire  $\omega$  pour un tour correspond à  $2\pi$  radians.

Pour n tours :  $\omega = 2\pi n$  ou  $\omega = 2\pi \frac{n}{60}$  en radians/seconde

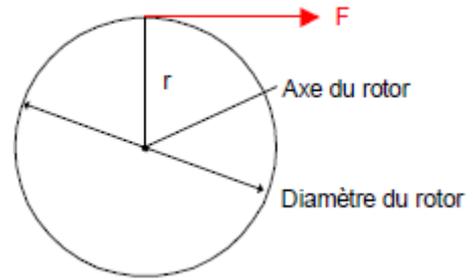
$$V = \omega r$$

$$P = \frac{M \cdot v}{r} \Leftrightarrow \frac{M}{r} \omega r \Leftrightarrow P = M \omega$$

$$M = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2\pi \frac{n}{60}} = \frac{P \times 60}{2\pi n} = \frac{P}{n} \times \frac{60}{2\pi} = \frac{P \times 9,55}{n}$$

$$M = \frac{U^2 I_2 \cos \varphi^2}{2\pi \frac{n}{60}} \Leftrightarrow U^2, 2\pi, \frac{n}{60} \text{ sont constants } (k)$$

$$M = k I_2 \cos \varphi^2$$



Les forces qui prennent naissance aux conducteurs du rotor transmettent un couple (M) à l'axe du rotor.

**Remarque :**

Le moteur à sa vitesse de fonctionnement quand le couple moteur = le couple résistant.

$M_m = M_r \Leftrightarrow$  stabilité

Si  $M_m > M_r \Leftrightarrow$  accélération

Si  $M_m < M_r \Leftrightarrow$  décélération

Caractéristique du couple M :  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{g E}{\sqrt{(R_2)^2 + (g \omega s L_2)^2}}$

$$M = k I_2 \cos \varphi$$

Au moment du « décollage »,  $I_2$  apparent est grand, 6 à 8 fois le courant nominal  $I_n$  du moteur.

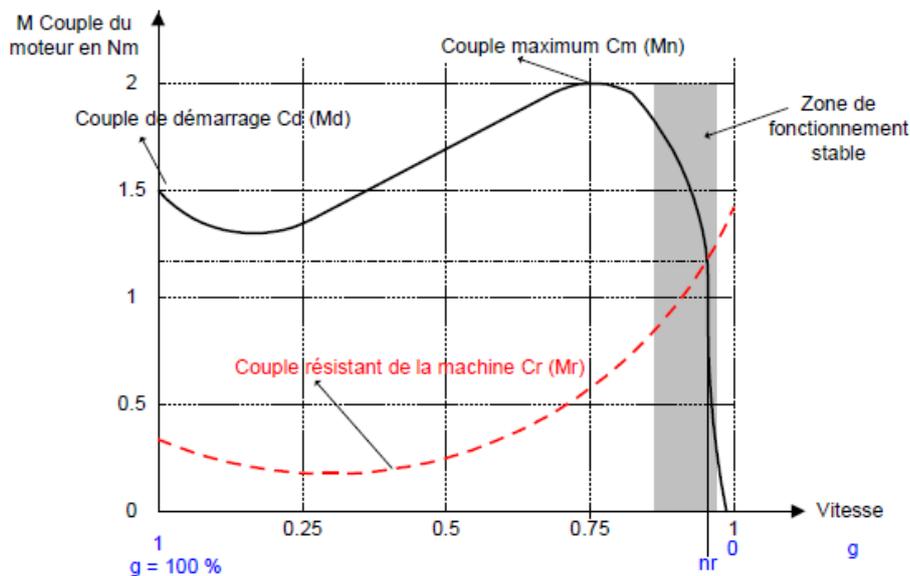
**Mais !!!**

$g$  augmente  $\Leftrightarrow$  la réactance selfique  $g \omega s L_2$  augmente  $\Leftrightarrow Z_2$  augmente.

$R_2$  diminue par rapport à la réactance, donc, le  $\cos \varphi = \frac{R_2}{Z_2}$  est très petit d'où  $M = k I_2 \cos \varphi^2$  est petit.

Au fur et à mesure que  $n_r$  augmente,  $g$  diminue,  $Z_2$  diminue et  $\cos \varphi^2$  augmente ainsi que  $I_2 \cos \varphi^2$ .

Donc,  $M_d$  augmente et est maximum quand  $R_2 = g \omega s L_2$  et nul quand  $g = 0$ .



**Conclusions :**

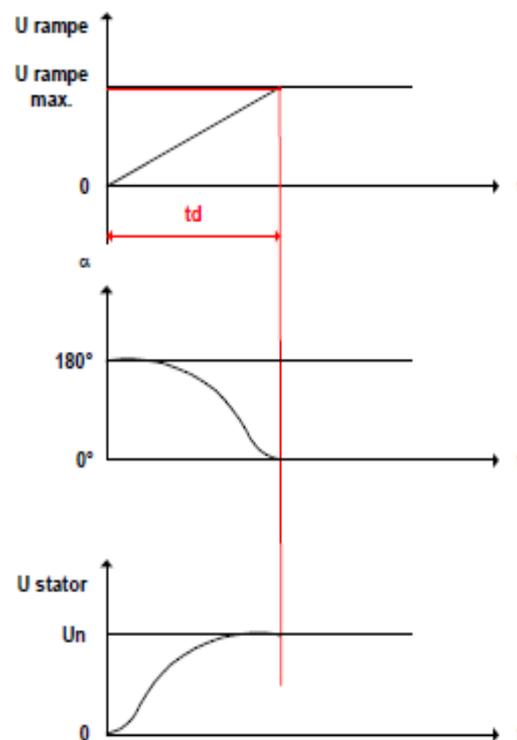
- ✓ Le couple est faible au démarrage, le moteur ne peut démarrer avec sa charge maximum,
- ✓ Le couple est bon quand le moteur est démarré,
- ✓ En fonctionnement, sa vitesse est constante.

## 5 Les démarreurs électroniques

Ils permettent un démarrage progressif des moteurs, ils remplacent les démarreurs à technologie électromagnétique cités précédemment. Ils sont constitués d'un gradateur triphasé à angle de phase.

Principe de fonctionnement :

- ✓ La tension du réseau d'alimentation est appliquée progressivement au stator du moteur ;
- ✓ La variation de la tension statorique est obtenue par la variation continue de l'angle  $\alpha$  de retard à l'amorçage des thyristors du gradateur. La consigne de démarrage permet de régler la pente du signal en forme de « rampe ». Cette consigne est étalonnée en secondes ;
- ✓ A la fin du démarrage, le stator du moteur est sous tension nominale, les thyristors sont alors en pleine conduction ;
- ✓ Le phénomène inverse se produit lors d'un arrêt progressif contrôlé. La consigne de décélération permet de faire évoluer l'angle  $\alpha$  des thyristors de 0 à 180° donc  $U_{mot}$ . De  $U_n$  à 0 ;
- ✓ Pour une charge donnée, le réglage de la pente permet de faire varier la durée de démarrage, donc le temps de mise en vitesse progressive de l'association moteur + charge.



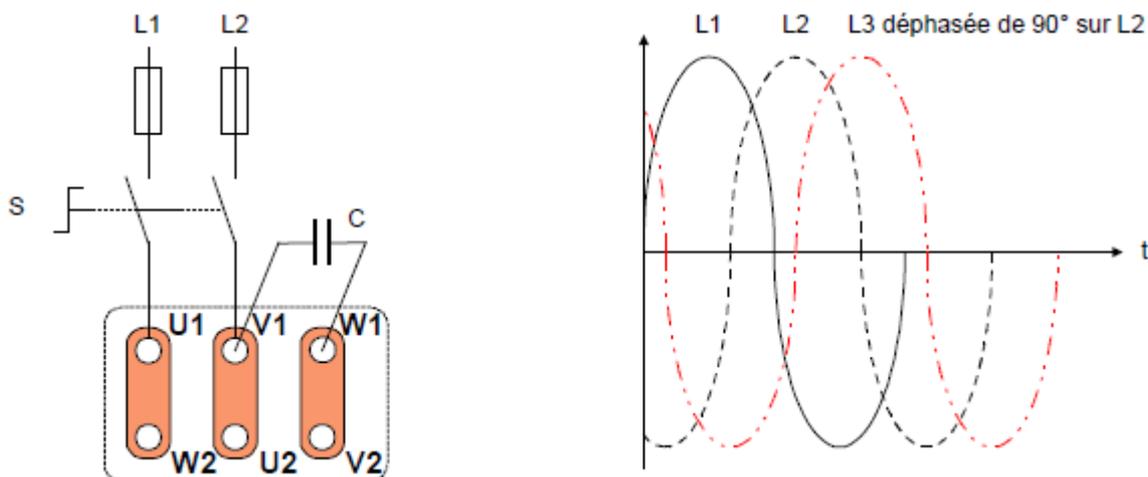
## 5.1 Tableau récapitulatif

	Démarrage direct	Démarrage étoile triangle	Démarrage statorique	Démarrage par auto transfo.	Démarrage rotorique	Démarrateur électronique
<b>Courant de démarrage</b>	100 %	33 %	50 %	40 / 65 / 80 %	70 %	150 à 170 %
<b>Surcharge en ligne</b>	4 à 8 In	1,3 à 1,6 In	4,5 In	1,7 à 4 In	< 2,5 In	
<b>Couple en % de Cd</b>	100 %	33 %	50 %	40 / 65 / 80 %		10 à 50 % (50 à 100 % en 100 ms)
<b>Couple initial au démarrage</b>	0,6 à 1,5 Cn	0,2 à 0,5 Cn	0,6 à 0,85 Cn	0,4 à 0,85 Cn	0,4 à 0,85 Cn	< 2,5 Cn
<b>Commande</b>	T.O.R.	T.O.R.	1 cran fixe	1 cran fixe	De 1 à 5 crans	électronique
<b>Avantages</b>	Démarrateur simple et économique  Couple au démarrage important	Économique  Bon rapport couple/courant	Possibilités de réglage des valeurs au démarrage	Bon rapport couple/courant  Possibilités de réglage des valeurs au démarrage	Très bon rapport couple/courant  Possibilités de réglage des valeurs au démarrage	Démarrage sans à coup  Montée progressive en vitesse  Limitation de l'appel de courant au démarrage
<b>Inconvénients</b>	Pointe de courant très importante	Couple de démarrage faible  Coupure d'alimentation au changement de couplage  Moteur à 6 bornes	Faible réduction de la pointe de courant au démarrage  Nécessite des résistances volumineuses	Nécessite un auto transformateur onéreux  Présente des risques de réseau perturbé	Moteur à bague plus onéreux	Prix

## 6 Moteur triphasé asynchrone à cage raccordé en monophasé

Il est possible de faire fonctionner un moteur triphasé de petite puissance (environ 1 kW maximum) sur un réseau monophasé.

On remplace la phase manquante par une des deux phases qui est déphasée par un condensateur.



Usages :

- ✓ Aspirateur de salle de peinture,
- ✓ Moteur de brûleur et de circulateur de chauffage central,
- ✓ Petit groupe motopompe.

Le couple au démarrage du moteur en monophasé est d'environ la moitié de celui en triphasé.

La valeur de la capacité dépend de la puissance en chevaux du moteur, de la tension du réseau et de la fréquence.

$$1 \text{ cheval} = 736 \text{ Watts}$$

$$C \text{ (en } \mu F) = 50 P \text{ (en ch)} \left(\frac{220}{U}\right)^2 \frac{50}{f}$$

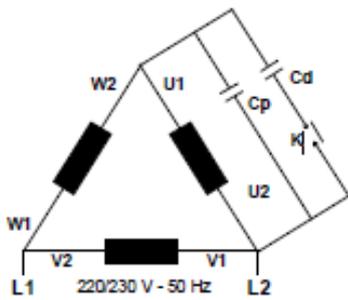
Exemple :

Calculez la valeur de la capacité d'un moteur triphasé pour une pompe de circulation de chauffage central, fonctionnant en monophasé sur un réseau de 220 V. La puissance du moteur est de 1/3 de cheval.

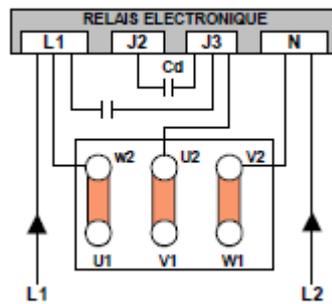
$$C = 50 \times 0,3 \left(\frac{220}{220}\right)^2 \times \frac{50}{50} = 15 \times 1^2 \times 1 = 15 \mu F \quad \Rightarrow \quad \text{Choix du condensateur : } 16 \mu F - 350 \text{ V (Umax)}$$

Exemple : Tableau de caractéristiques de Leroy Somer.

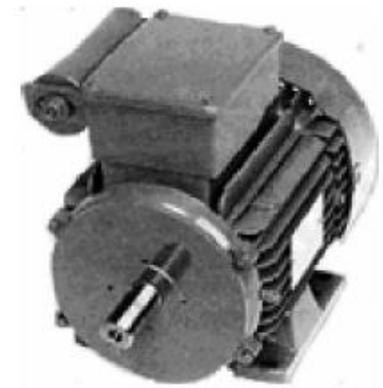
Type moteur	P <sub>tri</sub> kW	P <sub>mono</sub> kW	Cd μF – 150V	Cd μF – 220V	Rdt %	Cos φ	In A sous 230V	Id A sous 230V
LS 80 L	0,55	0,37	120	30	80	0,91	2,2	11,5
LS 80 L	0,75	0,55	225	32	80	0,91	3,3	18
LS 90 L	1,1	0,75	300	47	79	0,99	4,2	25
LS 90 L	1,5	1,1	500	75	81	0,97	6,1	38
LS 100 L	2,2	1,5	560	90	80	0,98	8,3	45
LS 100 L	3	2,2	650	140	80	0,98	12,2	60
LS 112 M	4	3	1100	250	83	0,92	17	90



Cp : condensateur permanent  
 Cd : condensateur de démarrage  
 K : contact du relais de coupure



Note : pour changer le sens de rotation, relier W2 à N et V2 à L1.



## 7 Types de moteurs en fonction de la vitesse

### 7.1 Moteur mono vitesse fixe

La grande majorité des applications nécessitent une seule vitesse fixe : dans ce cas il faut préférer les moteurs à 1500 t/min voire 3000 t/min (alimentation 50 Hz) qui sont d'une construction plus courante.

Cependant dans le domaine de la vitesse fixe, on peut rencontrer deux types d'applications en dehors de la gamme des vitesses standards comprises entre 750 et 3000 t/min.

#### 7.1.1 Moteur à grande vitesse

Les moteurs à grande vitesse, supérieure à 3000 t/min, obtenue grâce à des alimentations à fréquence fixe autre que 50 Hz, par exemple 100, 200 ou 400 Hz : les moteurs tourneront à la vitesse synchrone  $n$  telle que :

$$n = \frac{60}{p} f \quad (n \text{ en t/min ; si } f \text{ fréquence du réseau d'alimentation en Hz ; et } p \text{ nombre de pôles du moteur).}$$

Les moteurs de ce type devront faire l'objet d'offres spécifiques, tenant compte des problèmes importants suivants :

- ✓ forme d'onde de l'alimentation haute fréquence (taux et rang des harmoniques),
- ✓ augmentation des pertes magnétiques en fonction de la fréquence et des harmoniques,
- ✓ tenue mécanique des rotors,
- ✓ tenue des roulements, lubrification, durée de vie, échauffement, courants réduits,
- ✓ ventilation, niveau de bruit, vibrations,
- ✓ courant de démarrage, couple moteur, inertie de la charge.

Il faut aussi noter que l'application à grande vitesse est limitée à des machines d'autant plus petites que les vitesses sont grandes.

#### 7.1.2 Moteur à petite vitesse

Les moteurs à vitesse faible, inférieure à 750 t/min, obtenue soit par des alimentations à fréquence fixe inférieures à 50 Hz, soit par des polarités supérieures à 8 pôles alimentés en 50 Hz.

Les moteurs de ce type nécessitent aussi une offre spécifique tenant compte des problèmes en général fixés à l'application :

- ✓ couple résistant, inertie entraînée,
- ✓ ventilation.

Les basses vitesses à fréquence fixe (50 Hz) les plus fréquemment utilisées sont 600 t/min (moteur 10 pôles), 500t/min (moteur 12 pôles) et 375 t/min (moteur 16 pôles).

### 7.2 Moteur multi vitesses fixes

Des applications nécessitent un fonctionnement à 2 ou 3 vitesses fixes. Elles peuvent être obtenues par des moteurs multi vitesses par commutation des pôles. Bien que le nombre de solutions soit très important, on retiendra essentiellement :

### 7.2.1 Moteur à 1 bobinage

---

Les moteurs comportant un seul enroulement (couplage Dahlander, rapport 1 à 2 des vitesses) ou PAM (rapport quelconque des vitesses) :

Le couplage interne des enroulements induit naturellement des applications spécifiques :

Applications centrifuges	Dahlander Y – Y ou $\Delta - \Delta$ PAM – Y	Autres applications Dahlander $\Delta - Y$
--------------------------	---	---

Ces moteurs sont en général conçus pour un démarrage direct sur le réseau et sont mono tension.

Les rapports de vitesse les plus courants sont :

3000 / 1500 t/min (2 à 4 pôles)                      1500 / 750 t/min (4 à 8 pôles)

### 7.2.2 Moteur à bobinage séparé

---

Les moteurs comportant deux enroulements distincts. Selon le raccordement des enroulements à la plaque à bornes, le mode de démarrage sur le réseau peut être différent :

2 x 3 bornes : démarrage direct sur le réseau                      2 x 6 bornes : démarrage Y  $\Delta$  possible

Dans le premier cas, ces moteurs seront mono tension ; dans le second, ils peuvent être soit bi tension soit mono tension à démarrage Y  $\Delta$

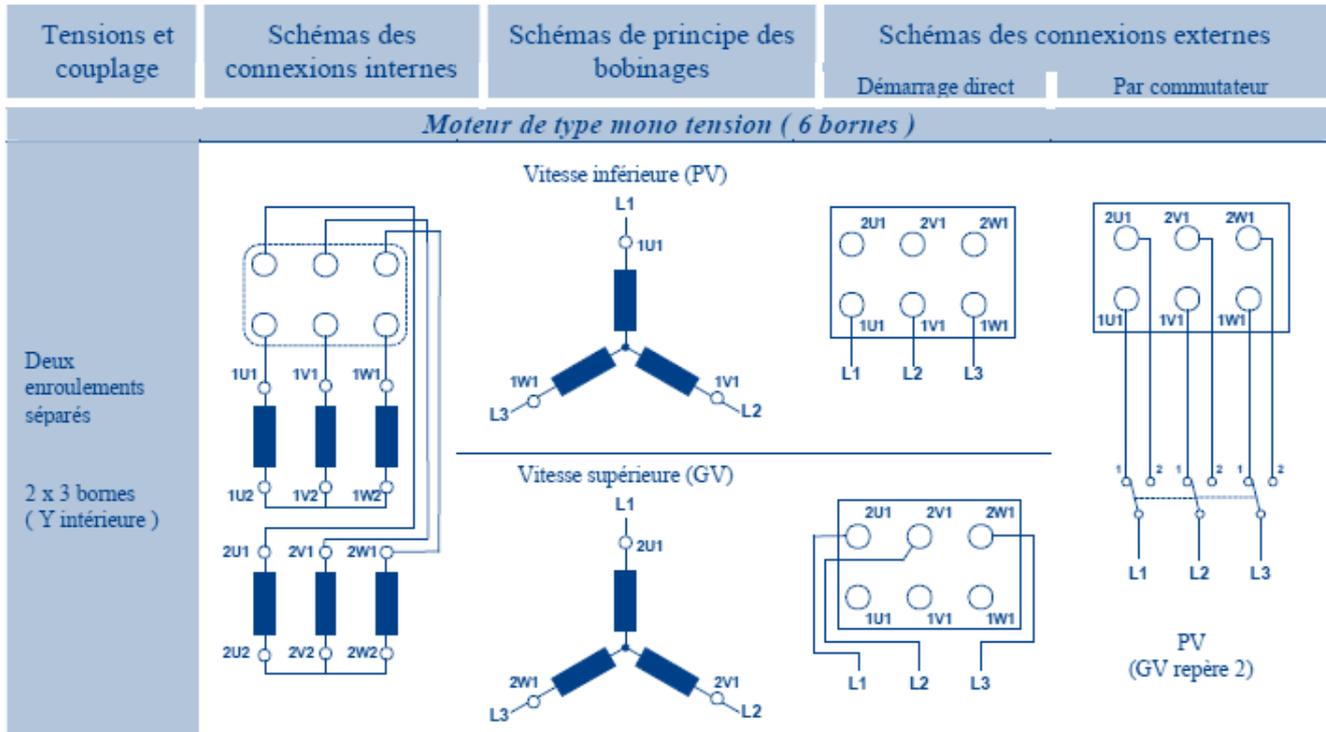
Les rapports de vitesse les plus courants sont :

3000 / 750 t/min (2/8 pôles)                      1500 / 1000 t/min (4/6 pôles)

### 7.3 Couplage des moteurs mono vitesse

Tensions et couplage	Schémas des connexions internes	Schémas de principe des bobinages	Schémas des connexions externes	
			Démarrage direct	Par commutateur
<i>Moteur de type mono tension ( 3 bornes )</i>				
Tension : U Couplage : Y intérieure Ex. 400 V - Y				
Tension : U Couplage : Δ intérieure Ex. 400 V - Δ				
<i>Moteur de type bi tension à couplage Y, Δ ( 6 bornes )</i>				
Tension : U Couplage : Δ (A la tension inférieure) Ex. 230 V - Δ				
Tension : $U\sqrt{3}$ Couplage : Y (A la tension supérieure) Ex. 400 V - Y				
<i>Moteur de type bi tension à couplage série parallèle ( 9 bornes )</i>				
Tension : U Couplage : YY (A la tension inférieure) Ex. 230 V - YY				
Tension : 2U Couplage : Y (étoile série à la tension supérieure) Ex. 460 V - Y				

## 7.4 Couplage des moteurs bi vitesses



## 8 Formulaire

Moment d'accélération (couple)	$Ma = \frac{Md + 2Ma + 2Mm + Mn}{6} - Mr$	Nm
Le couple d'accélération $Ma$ est la différence entre le couple moteur $M_{mot}$ (estimation), et le couple résistant $Mr$ ( $Md, Ma, Mm$ , voir courbe ci-dessous).		N = vitesse instantanée Nn = vitesse nominale
Puissance exigée par la machine	$P = \frac{M \cdot \omega}{\eta a}$	P en Watts $\omega$ en rad/s M en Nm $\eta a$ sans unité
$\eta a$ exprime le rendement des mécanismes de la machine entraînée. M moment exigé par la machine entraînée.		
Puissance absorbée par le moteur (en triphasé)	$P = \sqrt{3} U I \cos \varphi$	
P en Watts U en Volts I en Ampères	$\varphi$ déphasage entre le courant et la tension. U tension d'induit I courant de ligne.	
Puissance réactive absorbée par le moteur	$Q = \sqrt{3} U I \sin \varphi$	Q en VAR
Puissance réactive fournie par une batterie de condensateurs	$Q = \sqrt{3} U^2 C \omega$	
U en Volts C en $\mu F$ $\omega$ en rad/s	U tension aux bornes du condensateur. C capacité du condensateur. $\omega$ pulsation du réseau ( $\omega = 2\pi f$ )	
Puissance apparente	$S = \sqrt{3} U I \text{ ou } S = \sqrt{P^2 + Q^2}$	S en VA
Puissance fournie par le moteur (en triphasé)	$P = \sqrt{3} U I \cos \varphi \eta$	
$\eta$ exprime le rendement du moteur au point de fonctionnement considéré.		
Glissement	$g = \frac{n - n'}{n}$	
Le glissement est l'écart relatif de la vitesse réelle $N'$ à la vitesse de synchronisme N		
Vitesse de synchronisme	$n_s = \frac{60 \cdot f}{p \text{ (nbre de paires de pôles)}}$	Ou $n_s = \frac{120 \cdot f}{p \text{ (nbre de pôles)}}$
Ns en t/min F en Hz	P nombre de pôles F fréquence du réseau	

Grandeurs	Symboles	Unités	Courbe de moment et d'intensité en fonction de la vitesse
Courant de démarrage	$I_d$	A	
Courant nominal	$I_n$		
Courant à vide	$I_o$		
Couple de démarrage	$M_d$	Nm	
Couple d'accrochage	$M_a$		
Couple maximal ou de décrochage	$M_m$		
Couple nominal	$M_n$		
Vitesse nominale	$N_n$	T/min	
Vitesse de synchronisme	$N_s$		

## 9 Le moteur Dahlander

### 9.1 Réglage de la vitesse des moteurs asynchrones triphasés

Pendant longtemps, les possibilités de réglage de la vitesse des moteurs asynchrones triphasés ont été des plus réduites. Les moteurs à cage étaient la plupart du temps utilisés à leur vitesse nominale. Seuls pratiquement les moteurs à couplage de pôles (Dahlander) ou à enroulements séparés, encore fréquemment utilisés de nos jours, permettaient de disposer de plusieurs vitesses fixes.

Avec les convertisseurs de fréquence, les moteurs à cage sont aujourd'hui couramment commandés en vitesse variable, et peuvent ainsi être employés dans les applications jusqu'alors réservées aux moteurs à courant continu.

### 9.2 Vitesse de synchronisme

La vitesse de synchronisme  $n = f \frac{60}{p}$

$n$  = vitesse de synchronisme en t/min  
 $f$  = fréquence de l'alimentation en Hz  
 $p$  = nombre de paires de pôles du stator

La vitesse du moteur  $n' = (1 - g)f \frac{60}{p}$

$G$  = le glissement

Pour les fréquences industrielles de 50, 60 et 100 Hz les vitesses de rotation du champ tournant ou vitesse de synchronisme ( $n$ ), en fonction du nombre de pôles, sont données dans le tableau ci-dessous.

Nombre de pôles	Vitesse de rotation en tours par minute		
	50 Hz	60 Hz	100 Hz
2	3000	3600	6000
4	1500	1800	3000
6	1000	1200	2000
8	750	900	1500
10	600	720	1200
12	500	600	1000

Compte tenu du glissement, les vitesses de rotation en charge des moteurs asynchrones sont légèrement inférieures aux vitesses de synchronisme indiquées dans le tableau.

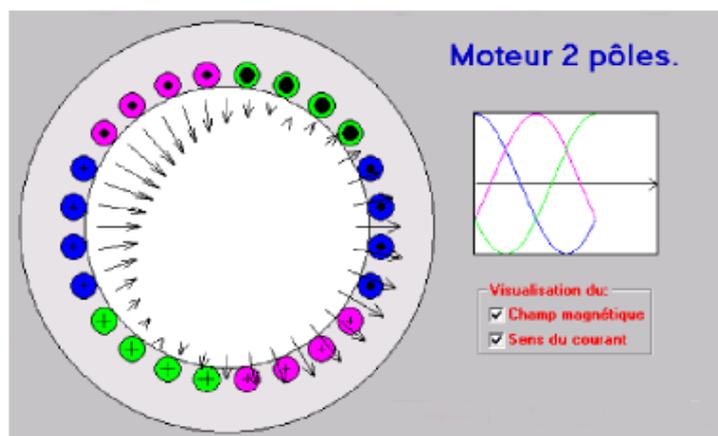
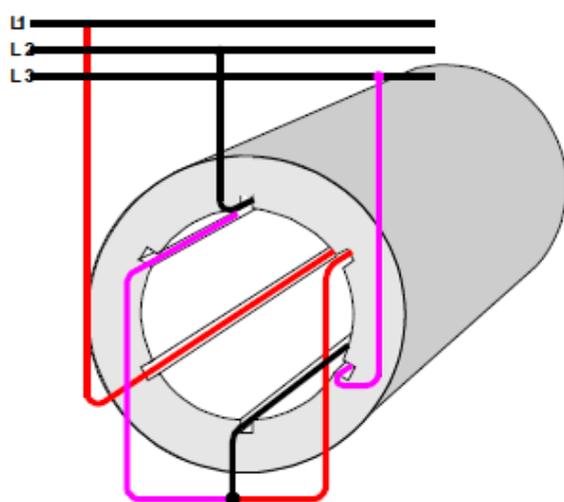
Ceci ne signifie pas qu'il est toujours possible d'augmenter la vitesse d'un moteur asynchrone en l'alimentant sous une fréquence supérieure à celle pour laquelle il est prévu, même si la tension est adaptée.

Il convient en effet de vérifier si ces conceptions mécaniques et électriques le permettent.

### 9.2.1 Le bobinage du stator

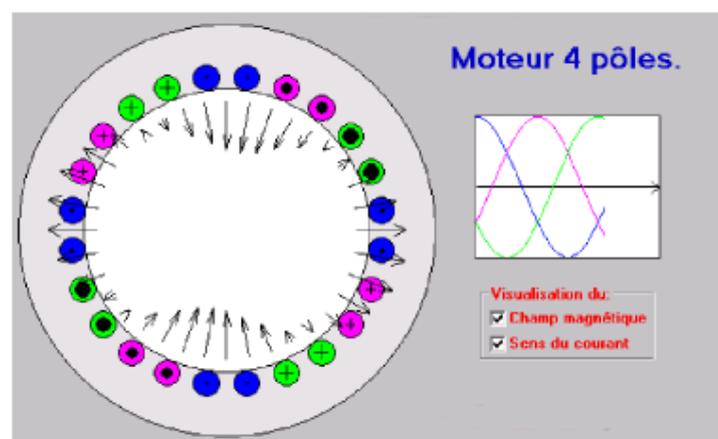
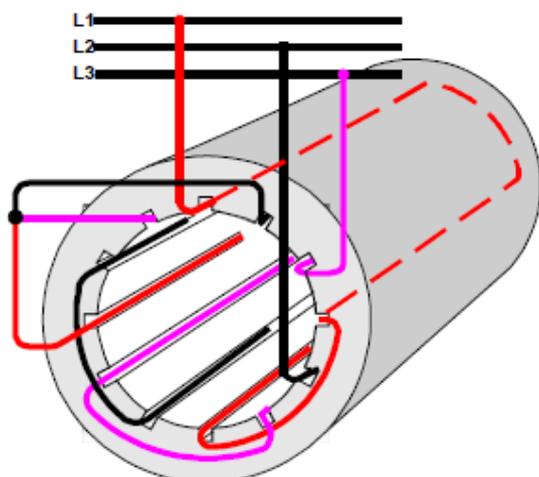
Il est possible d'agir sur le nombre de pôles pour faire varier la vitesse.

Dans les dessins suivants, le courant est maximum dans la phase L2 et  $I_{max} / 2$  dans les deux autres phases.



Trois bobines décalées de  $120^\circ$  sur la circonférence du stator donnent 2 pôles par bobine, 1 pôle Nord et un pôle Sud.

Pour retrouver de nouveau un pôle Nord, le champ tournant doit faire un tour complet. Donc, 1 tour par période, ou 50 tours par seconde, ou 3000 tours par minute.

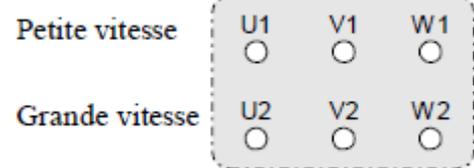


Deux fois trois bobines décalées de  $60^\circ$  sur la circonférence du stator donnent 4 pôles par bobines, 2 pôles Nord et 2 pôles Sud.

Pour retrouver de nouveau un pôle Nord, le champ tournant doit faire  $\frac{1}{2}$  tour. Donc, 1 tour pour 2 périodes, ou 25 tours par seconde, ou 1500 tours par minutes.

## 9.2.2 Moteur à enroulements statoriques séparés

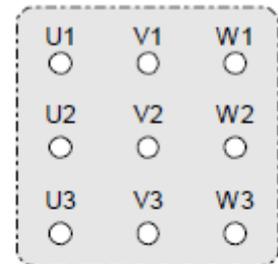
Si on loge dans un même stator les deux enroulements ci-dessus, on obtient un moteur à deux vitesses : 1500 et 3000 t/min.



Il est possible de mettre un enroulement à 10 pôles et un enroulement à 2 pôles par exemple. On aura un moteur à 2 vitesses de 600 et 3000 t/min.

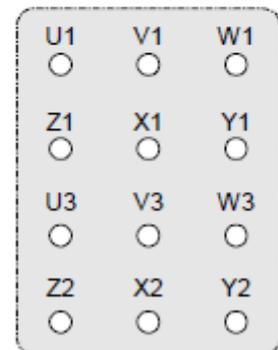
On peut mettre plus de deux enroulements séparés pour obtenir plus de deux vitesses pour un même moteur.

Le stator sera plus volumineux et le moteur plus cher.



Au lieu de faire un couplage étoile comme ci-dessus, on peut sortir les entrées et les sorties des bobinages dans la boîte à bornes.

On obtient un moteur à 2 vitesses et 2 tensions, par couplage étoile ou triangle.



Les enroulements « petite vitesse » devant supporter les contraintes mécaniques et électriques résultant du fonctionnement du moteur en « grande vitesse », leurs caractéristiques en sont souvent affectées.

Parfois, un tel moteur fonctionnant en « petite vitesse » absorbe une intensité plus importante qu'en « grande vitesse ».

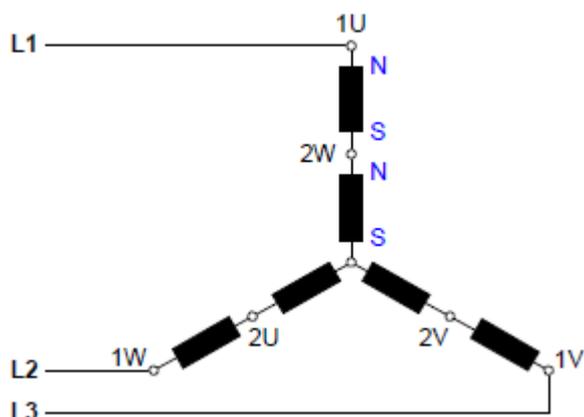
Un relais thermique est à prévoir sur chaque vitesse. Il sera réglé sur le courant nominal de chaque vitesse.

On rencontrera les différents couplages pour chaque vitesse, soit YY – YD – DD – DY.

## 9.2.3 Le moteur Dahlander

Système très fréquemment rencontré et particulièrement économique. A l'aide d'un seul enroulement, il permet d'obtenir deux nombres de pôles différents dans le rapport de 1 à 2 (2 et 4 pôles, 4 et 8 pôles, etc. etc.).

### 9.2.3.1 Couplage Y / YY (6 bornes)



Y = petite vitesse

Il y a 4 pôles par phase

$$P = 2$$

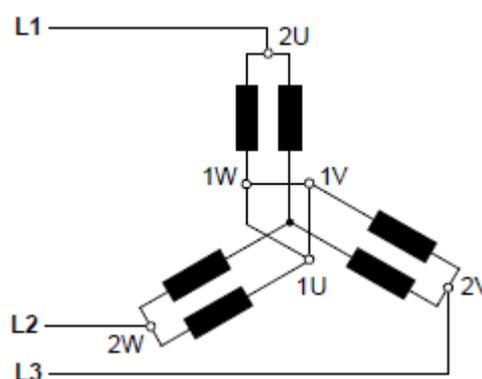
$$n = 50 \frac{60}{2} = 1500 \text{ t/min}$$

YY = grande vitesse

Il y a 2 pôles par phase

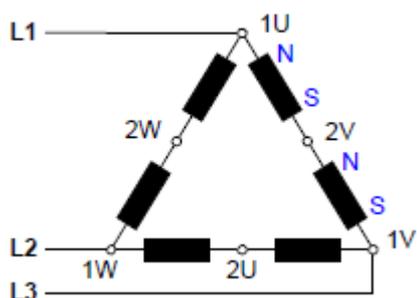
$$p = 1$$

$$n = 50 \frac{60}{1} = 3000 \text{ t/min}$$



Ce couplage s'adapte bien à des machines à couple croissant avec le carré de la vitesse telles que des pompes, ventilateurs et compresseur centrifuges.

### 9.2.3.2 Couplage D / YY

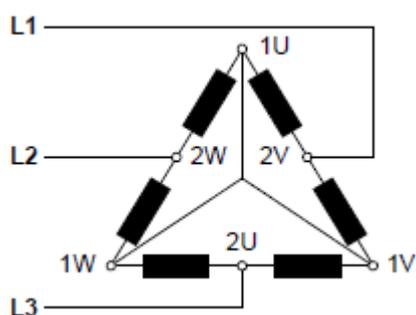


D = petite vitesse

Il y a 4 pôles par phase

$$p = 2$$

$$n = 50 \frac{60}{2} = 1500 \text{ t/min}$$

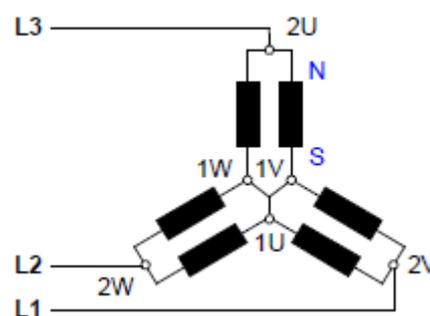


YY = grande vitesse

Il y a 2 pôles par phase

$$P = 1$$

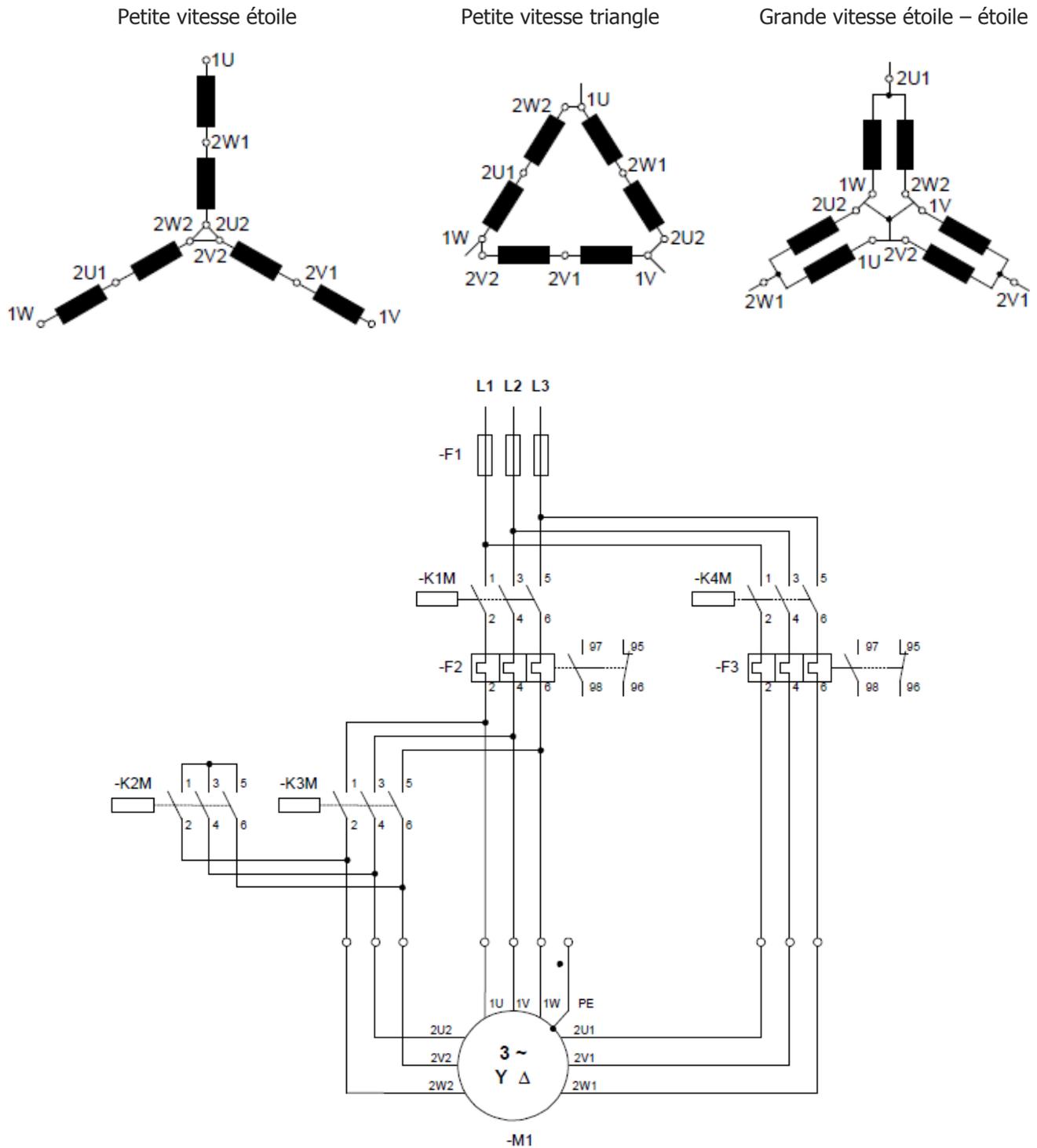
$$n = 50 \frac{60}{1} = 3000 \text{ t/min}$$



Rapport de puissance entre les deux vitesses = 1.5 à 1.8.

Le couplage D / YY, qui répond bien aux exigences habituelles touchant un couple constant a en outre l'avantage de pouvoir être démarré pour la petite vitesse en étoile – triangle, s'il y a 9 bornes de sorties (démarrage lent ou à intensité réduite).

### 9.2.3.3 Couplage D / YY avec démarrage YΔ en petite vitesse (9 bornes)



Généralement, les moteurs Dahlander ont un rendement peu élevé et un cos φ assez faible.

**La protection est assurée par un relais thermique sur chaque vitesse.**

Les enroulements « petite vitesse » et « grande vitesse » ne doivent jamais être alimentés simultanément. Il faut mettre des verrouillages électriques dans le circuit de commande.

Tensions et couplage	Schémas des connexions internes	Schémas de principe des bobinages	Schémas des connexions externes	
			Démarrage direct	Par commutateur
<i>Moteur de type mono tension ( 6 bornes )</i>				
Dahlander « Couple constant » ou « usage courant »  6 bornes ( $\Delta$ intérieur )  $\Delta - Y Y$		Vitesse inférieure (PV) 		
		Vitesse supérieure (GV) 		
Dahlander ou PAM machines centrifuges  6 bornes ( Y intérieure )  $Y - Y Y$		Vitesse inférieure (PV) 		
		Vitesse supérieure (GV) 		

## 10 Freinage des moteurs asynchrones

---

### 10.1 Freinage par contre-courant

---

Le principe consiste après avoir isolé le moteur du réseau, alors qu'il tourne encore, à le connecter toujours sur le réseau, mais en sens inverse.

C'est un mode de freinage très efficace qui doit être arrêté suffisamment tôt pour éviter que le moteur ne tourne en sens inverse.

Divers dispositifs automatiques sont employés pour commander l'arrêt du freinage dès que la vitesse approche de zéro : détecteur d'arrêt centrifuge, détecteur de rotation, dispositif chronométrique, etc.

#### 10.1.1 Moteur à cage

---

Avant d'adopter ce système, il faut absolument s'assurer que le moteur est capable de supporter des freinages en contre-courant avec le service envisagé (fréquence). En effet, outre les contraintes mécaniques, ce procédé impose des contraintes thermiques importantes au rotor ; l'énergie correspondant à chaque freinage est dissipée dans le rotor. Au moment du freinage, les pointes de courants et de couple sont nettement supérieures à celles produites au démarrage.

**Afin d'obtenir un freinage sans brutalité, il est souvent inséré lors du freinage en contre-courant, une résistance en série avec chaque phase du stator ou si le démarrage se fait en étoile triangle, on repassera en couplage étoile pour le freinage. Le couple et le courant sont alors réduits comme lors du démarrage.**

Ce système de freinage est relativement peu utilisé, sauf pour de petits moteurs tels que ralentissement de masse en mouvement sur machine-outil.

#### 10.1.2 Moteur à bagues

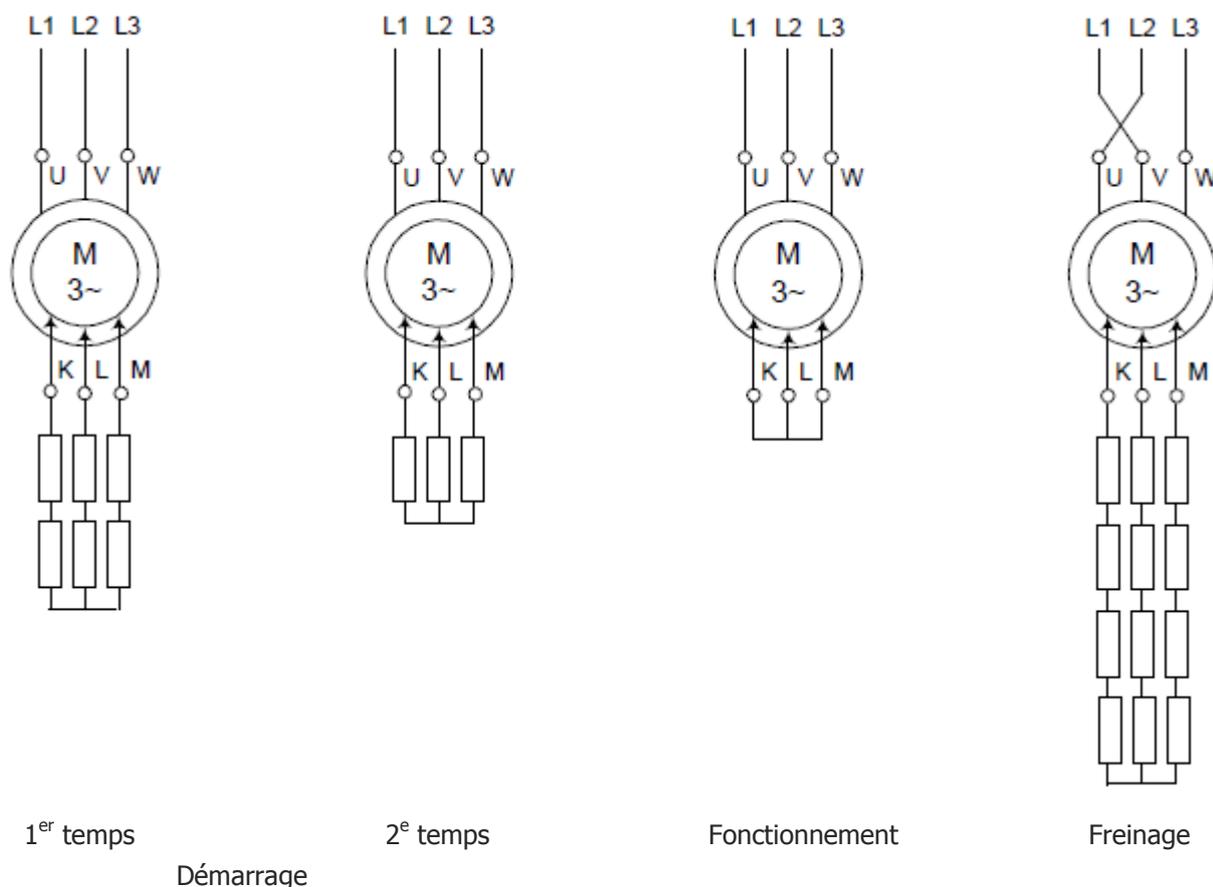
---

Afin de limiter le courant et le couple, il est impératif, avant de coupler le stator du moteur en contre-courant, de réinsérer les résistances rotoriques ayant servi au démarrage, et même d'ajouter une section supplémentaire dite de freinage.

Le couple de freinage est réglé en choisissant une résistance rotorique convenable.

Au moment de l'inversion, la tension rotorique est presque le double de celle du démarrage, ce qui implique des précautions d'isolement. Une énergie importante est dissipée dans les résistances.

L'arrêt du freinage se fera par les dispositifs cités plus hauts ou par relais de tension, de courant ou de fréquence.



## 10.2 Freinage par injection de courant continu dans le stator

Ce système est principalement appliqué sur les moteurs à bagues, mais les principes pour l'emploi sur les moteurs à cage restent les mêmes.

Le principe consiste à envoyer du courant continu dans le stator préalablement séparé du réseau.

**Pour avoir un freinage convenable, le courant injecté doit être environ 1.5 fois l'intensité nominale (l'excédent de pertes thermiques dû à cette légère surintensité est compensé par le fait que le freinage est généralement suivi d'un temps d'arrêt.**

La valeur de ce courant continu est fixée par la seule résistance des enroulements du stator, la tension de la source de courant est faible (souvent 24 V).

Cette source est généralement constituée de redresseurs. Ceux-ci doivent pouvoir supporter des surtensions transitoires produites par des enroulements qui viennent d'être déconnectés du réseau alternatif (380 V efficace par exemple) dues à la self induction.

### 10.2.1 Calcul de la tension d'alimentation du freinage par injection de courant continu

Soit un moteur asynchrone triphasé alimenté en 220 V – 50 Hz. La résistance d'un bobinage statorique est de 1.2 ohms et son inductance est de 0.05 Henry.

**Quelle est la tension continue que l'on peut appliquer à deux de ces enroulements reliés en série lors d'un freinage par injection de courant continu, de façon à obtenir un courant de freinage de 1.5 fois le courant nominal du moteur ?**

Le courant de ligne en marche normale est donné par la plaque signalétique suivante :

Exemple :  $P_u : 4 \text{ kW}$        $\cos \varphi = 0.84$   
 $U : 220 \text{ V} / 380 \text{ V}$        $I : 14 \text{ A} / 8 \text{ A}$

Lorsque les deux bobinages sont placés en série sur une tension continue, le courant qui les traverse est juste limité par la résistance pure de ces bobinages, soit  $2.4 \Omega$ .

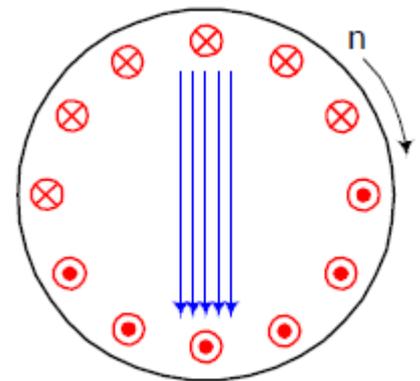
La tension continue à appliquer sera donc :  $2.4 \times 8 \times 1.5 = 28.8 \text{ V}$

### 10.2.2 Moteur à cage

Le réglage du freinage se fait en agissant sur le courant continu.

Ce courant crée un champ fixe dans le stator.

**Les conducteurs parcourus par un courant dans un champ magnétique subissent une force de freinage suivant la règle de la main droite.**



**Par la règle de la main gauche, on trouve le sens du courant dans les conducteurs.**

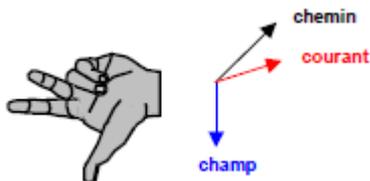
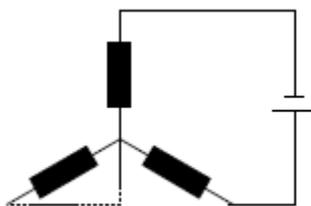
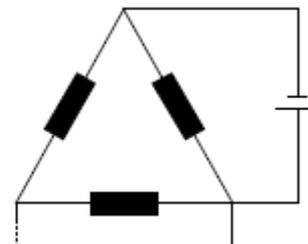


Schéma de raccordement

Montage étoile



Montage triangle



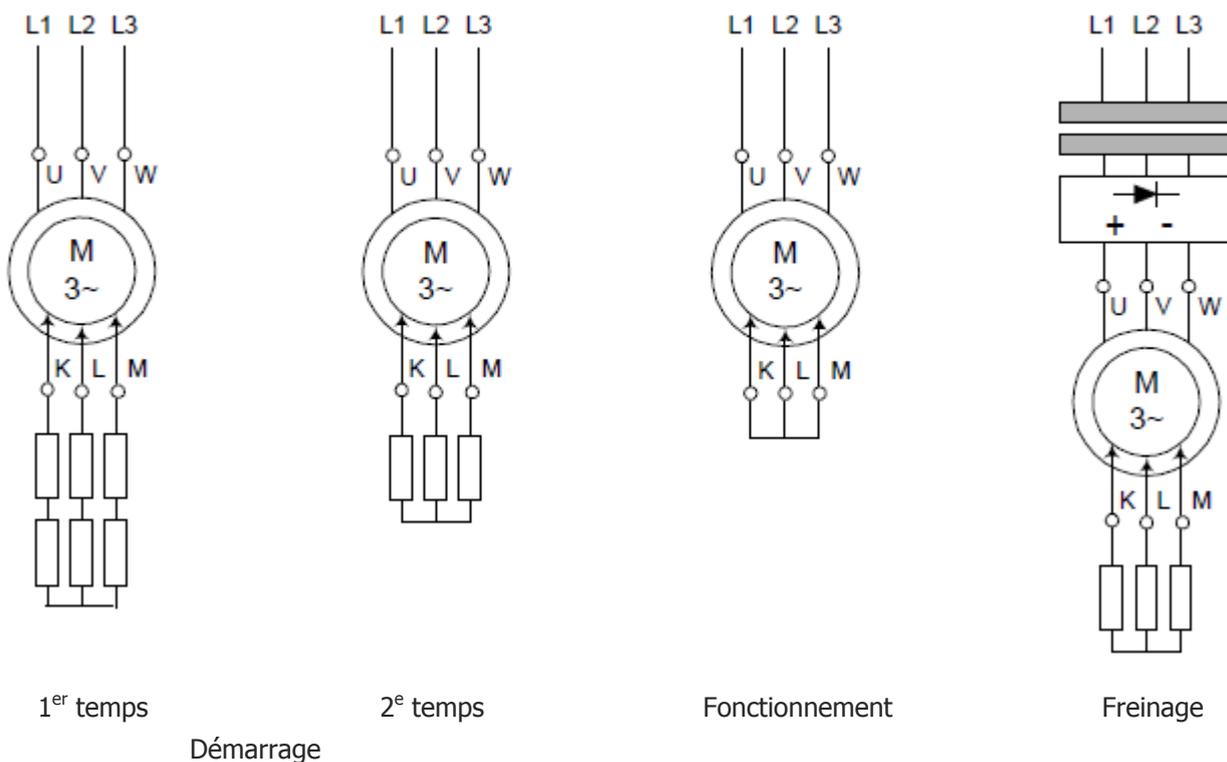
Il est bon de court-circuiter un enroulement.

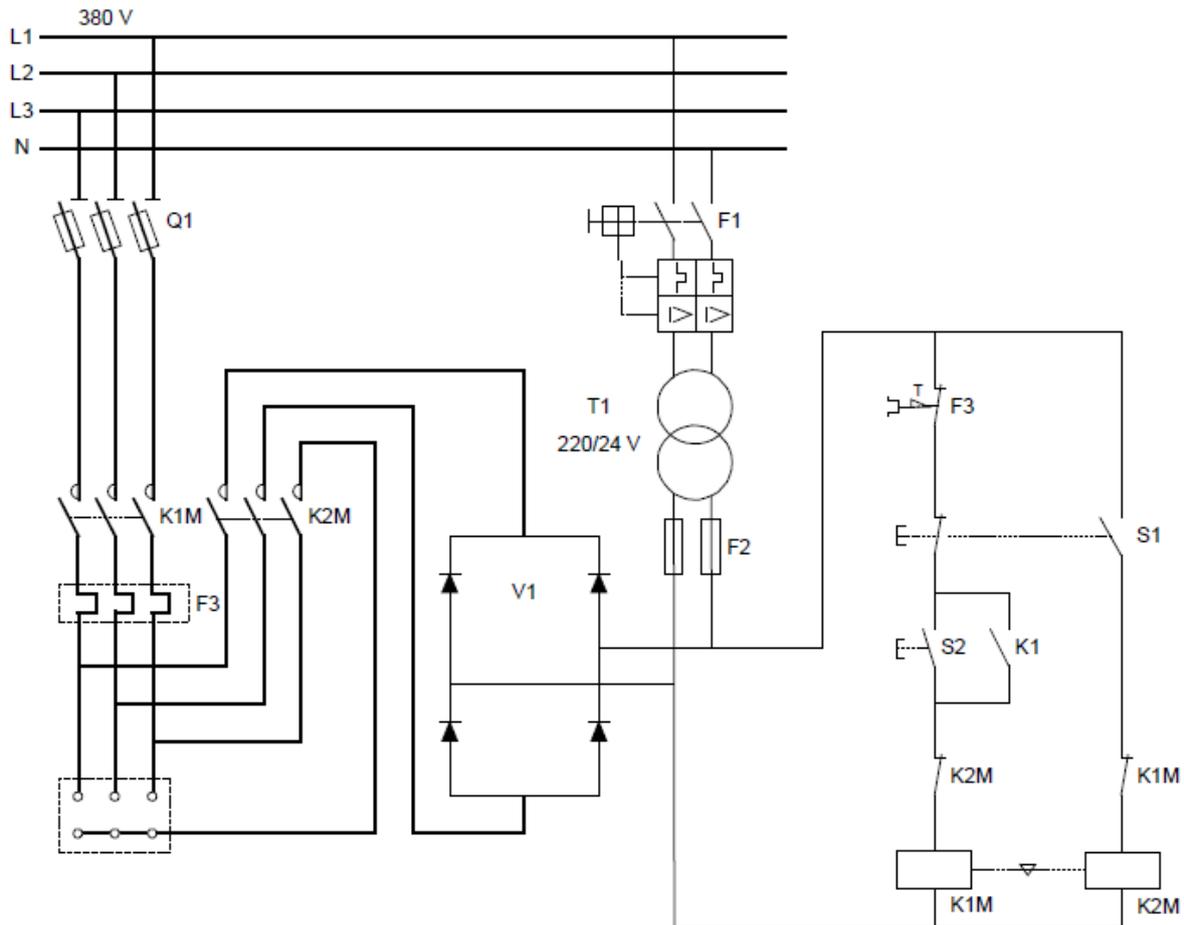
### 10.2.3 Moteur à bagues

Il se comporte comme un générateur synchrone débitant sur les résistances rotoriques.

Le réglage du freinage se fait en agissant sur les résistances.

**Afin d'éviter des échauffements inutiles, il est conseillé de prévoir un dispositif coupant le courant dans le stator une fois le freinage réalisé.**





### 10.3 Freinage par frein à courants de Foucault

Les courants de Foucault prennent naissance dans les masses métalliques soumises à un champ magnétique variable (loi de Lenz  $e = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ ).

Ces courants répondent à la loi de Laplace ( $F = B I l$ ) et créent un couple de freinage.

Le frein à courants de Foucault est accouplé à la machine que l'on veut freiner.

Le frein à courants de Foucault est constitué :

- ✓ D'un stator alimenté en courant continu ;
- ✓ D'un rotor en acier dans lequel prennent naissance les courants de Foucault qui produisent le couple de freinage.

La valeur du couple de freinage dépend de :

- ✓ La vitesse de rotation,
- ✓ Du courant d'excitation.

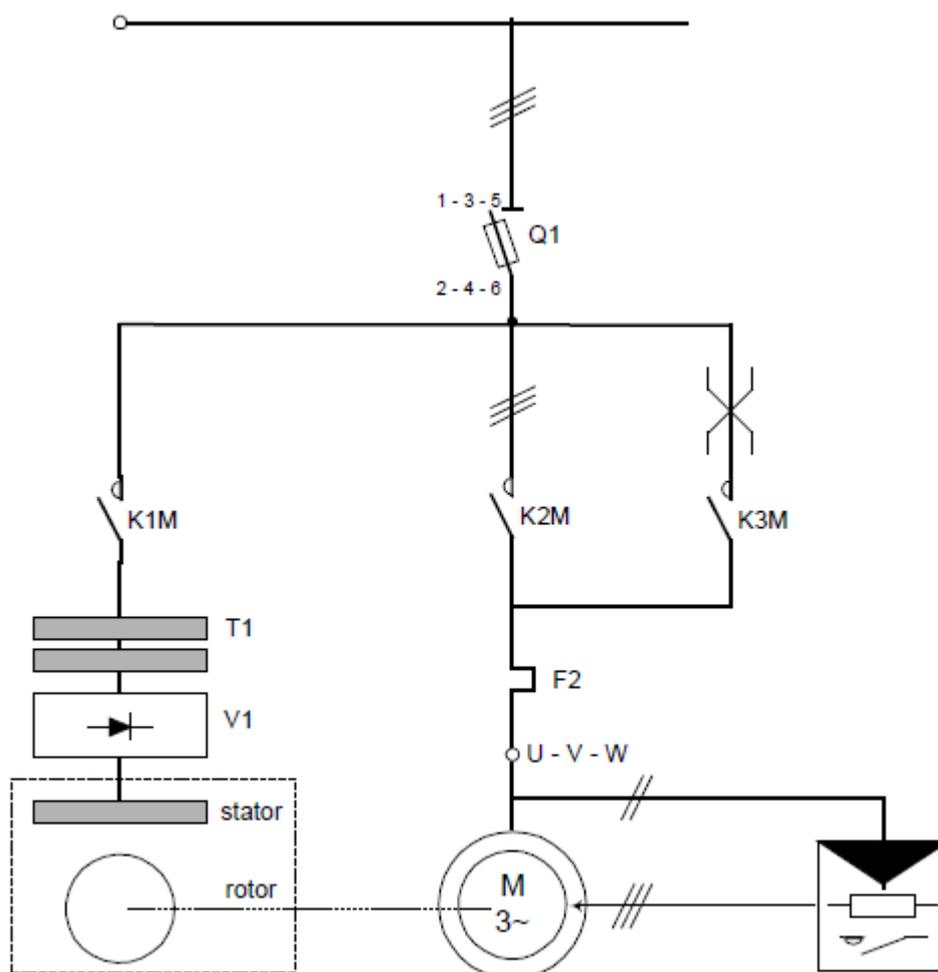


Avantages :

- ✓ Peu d'entretien,
- ✓ Dispositif robuste (le rotor peut atteindre des températures importantes).

Inconvénient :

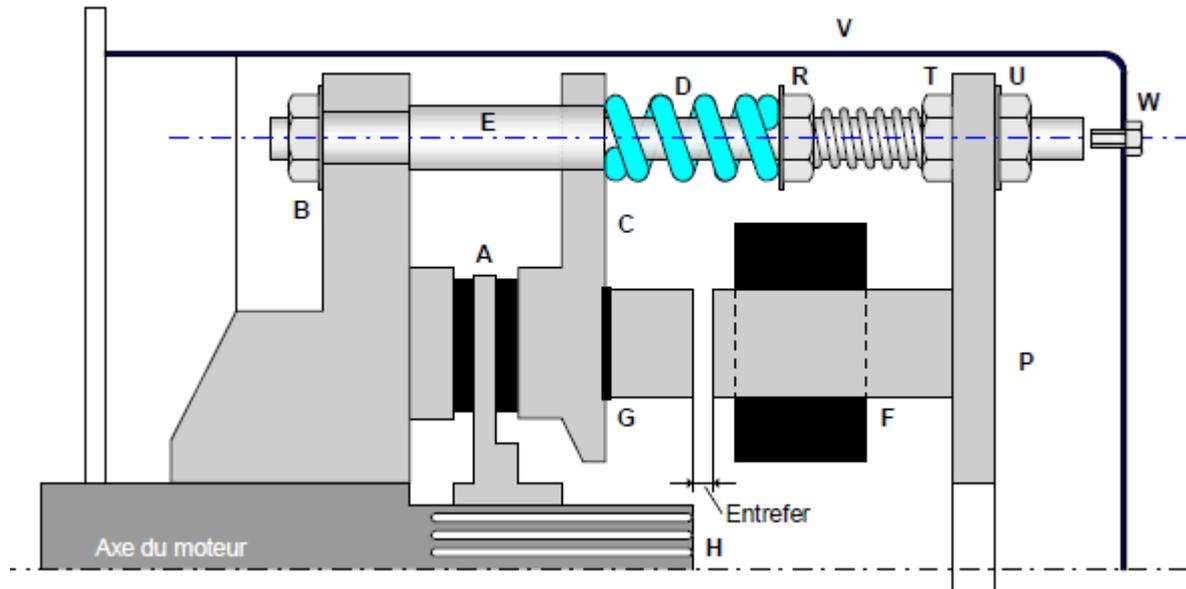
Il n'y a aucun couple de freinage à faible vitesse, en effet les courants induits sont très faibles. Il faut un électrofrein pour obtenir l'arrêt.



## 10.4 Frein électromagnétique incorporé dans le moteur

Utilisé pour faire du positionnement, le moteur s'arrête exactement à l'endroit prévu.

Ce frein est calé sur l'axe cannelé du moteur.



- A. Disque de freinage à garniture Ferodo.
- B. Plateau fixe qui supporte le frein.
- C. Plateau mobile avec sa couronne de frottement.
- D. Ressorts de pression et de rappel.
- E. Colonnes de support des ressorts.
- F. Bobine de l'électroaimant.
- G. Armature mobile de l'électroaimant, elle est attirée par la bobine sous tension et se déplace de la distance de l'entrefer, comprimant les ressorts (D) et libérant le disque.
- H. Bout d'arbre cannelé du moteur.
- I. Plateau fixe qui supporte la partie fixe de l'électroaimant.
- J. Ecrous de réglage de la tension des ressorts
- K. Ecrous de réglage de l'entrefer.
- L. Ecrous de fixation du frein.
- M. Capot de protection.
- N. Fond du capot.

### 10.4.1 Réglage de l'entrefer

Point important dans l'efficacité du frein.

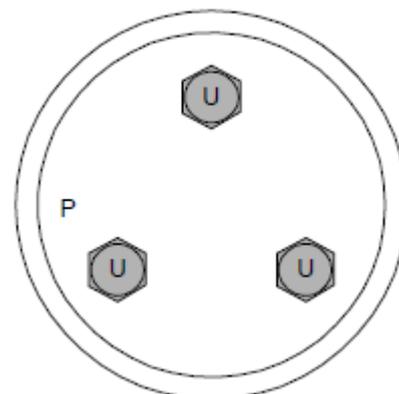
Si l'entrefer est trop important, le temps de réponse au freinage sera plus grand, par contre s'il est trop faible les garnitures du disque seront vite usées.

Si la couronne de frottement n'est pas bien parallèle au disque, le freinage sera moins efficace et le moteur tournera encore un peu.

Les constructeurs donnent les distances d'entrefer maximum et minimum qu'il faut vérifier avec des jauges d'épaisseur.

### 10.4.1.1 Mode opératoire

- ✓ Débloquer les écrous U et T de plusieurs tours (visser T et dévisser U) ;
- ✓ Reculer le plateau P contre les écrous U ;
- ✓ Introduire la jauge dans l'entrefer agrandi ;
- ✓ Rapprocher le plateau P de façon à ce que l'entrefer corresponde à l'épaisseur de la jauge en resserrant les écrous U ;
- ✓ Bloquer les écrous T et retirer la jauge ;
- ✓ Vérifier la régularité de l'entrefer sur toute la périphérie de l'électroaimant.

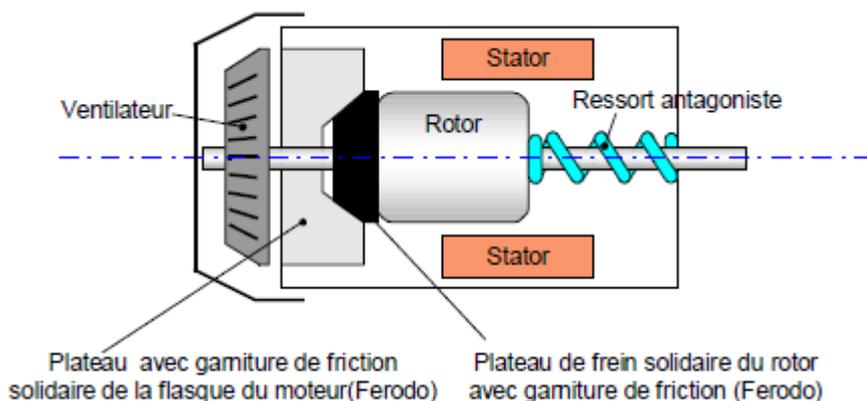


### 10.5 Le moteur frein

Utilisé sur des appareils de levage.

A la mise sous tension, le rotor se déplace vers la droite pour se placer dans le champ maximum du stator.

A la coupure du courant, le ressort antagoniste repousse le rotor vers la gauche.



Le freinage est obtenu par l'application du plateau de freinage (solidaire du rotor) sur les garnitures de friction (Ferodo).

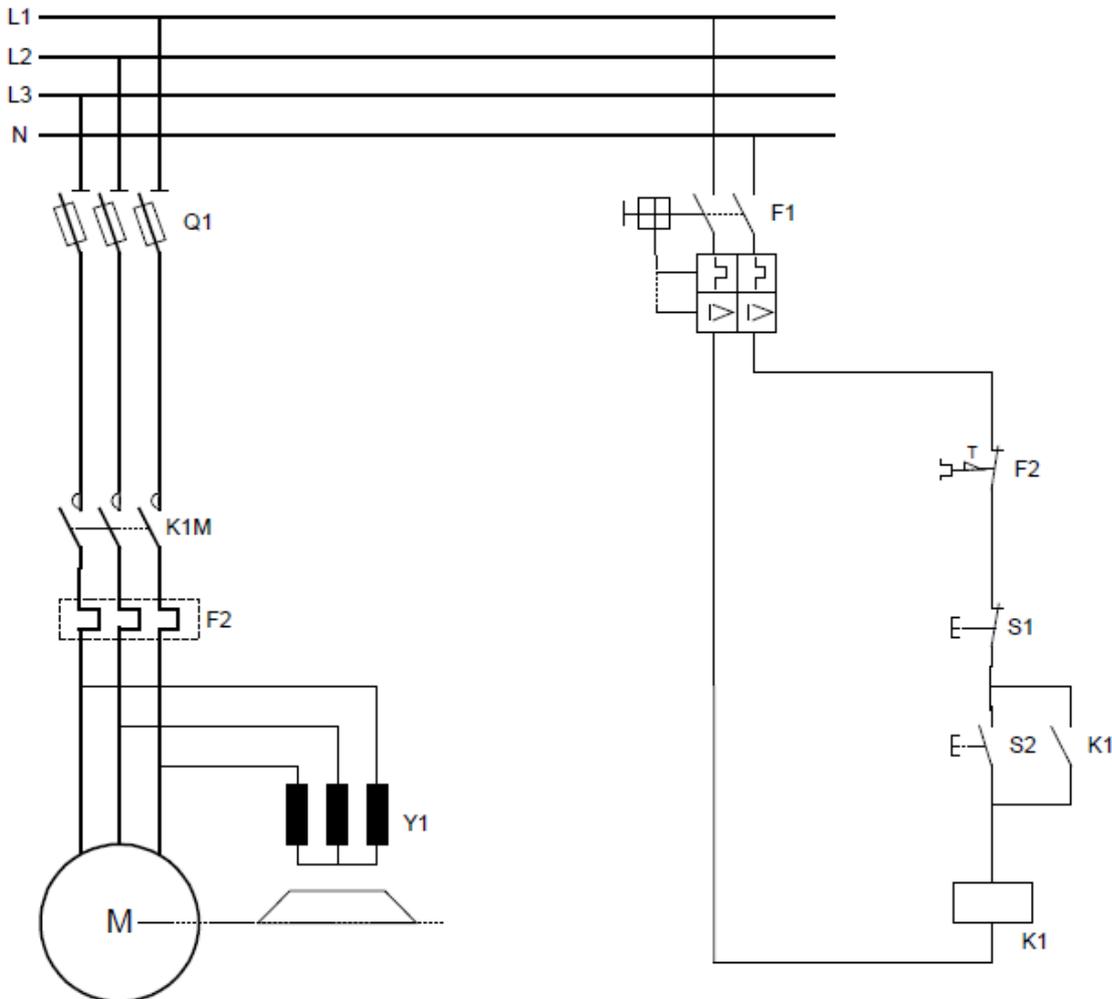
Ce type de moteur frein se fabrique avec :

- ✓ - Des garnitures coniques pour un freinage énergétique
- ✓ - Des garnitures plates pour un freinage plus doux.

## 10.6 Freinage par électrofrein

L'ouverture du contacteur de ligne coupe l'alimentation d'un électroaimant, ce qui permet l'action d'un sabot de frein sur le disque solidaire de l'arbre moteur.

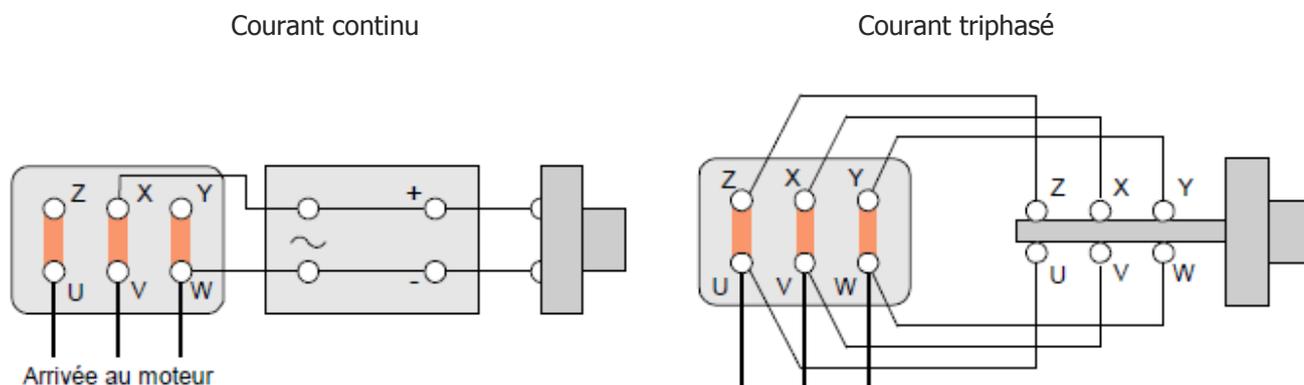
Le moteur est bloqué à l'arrêt (sauf modification).



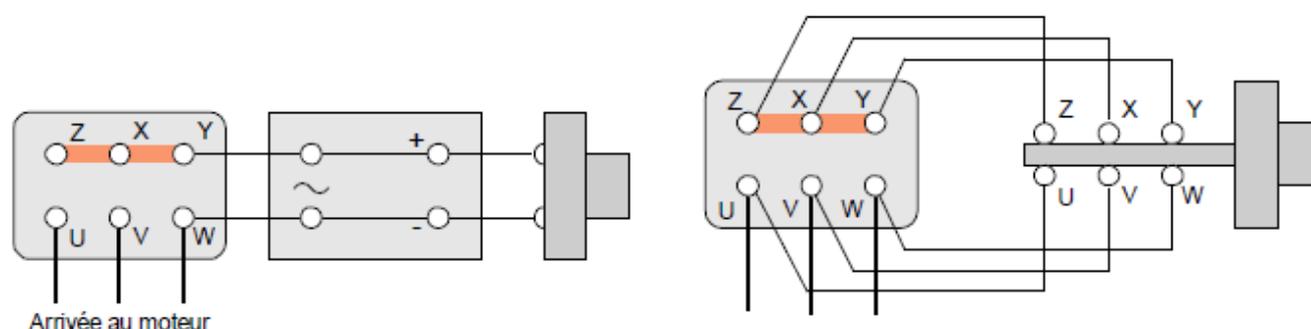
	Frein, symbole général	
	Y repère d'identification	

## 10.7 Alimentation commune du moteur et du frein (à disque, à mâchoire)

### 10.7.1 Le moteur est couplé en triangle 220 V



### 10.7.2 Le moteur est couplé en étoile 380 V



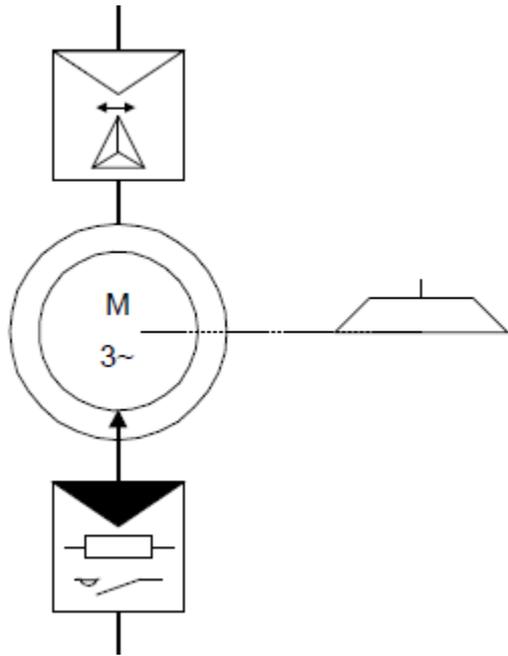
Les conducteurs dérivés de la plaque à bornes du moteur vers le bloc redresseur doivent être placés en diagonale.

De cette façon, deux phases différentes de 220 V en couplage triangle ou une phase et le point neutre en couplage étoile sont appliquées au bloc redresseur.

Le redresseur peut être à une alternance, la tension d'alimentation de l'électrofrein sera de 110 V DC ou à deux alternances, la tension de l'électrofrein sera alors de 220 V DC.

Les conducteurs dérivés de la plaque à bornes du moteur vers l'électrofrein triphasé sont placés aux mêmes endroits que les conducteurs des bobines du moteur.

De cette façon, en changeant le couplage du moteur, on change par la même occasion le couplage des bobines de l'électrofrein.



Au stator  
Démarreur

Deux sens de marche  
Etoile – triangle

Moteur à rotor bobiné  
Avec frein serré

Au rotor  
Démarreur automatique  
Rhéostatique

## 11 Le moteur asynchrone monophasé

Généralement de petite puissance, il n'est utilisé qu'en l'absence de distribution triphasée (domestique).

### 11.1 Constitution

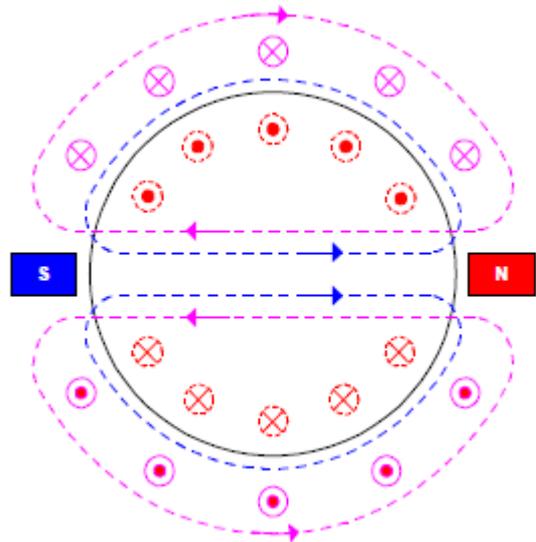
**Stator** : un enroulement monophasé à  $n$  paires de pôles.

**Rotor** : à cage d'écureuil en court-circuit comme le moteur triphasé.

L'inducteur agit comme le primaire d'un transformateur, il induit des courants dans le rotor qui est en court-circuit.

Or les courants primaire et secondaire d'un transformateur sont en opposition de phase.

Ces courants créent des champs magnétiques opposés. On a le champ inducteur N-S dans l'induit, et le champ du rotor N-S à l'extérieur de l'induit, se refermant par les pôles S et N à l'intérieur de l'induit.



## 11.2 Fonctionnement

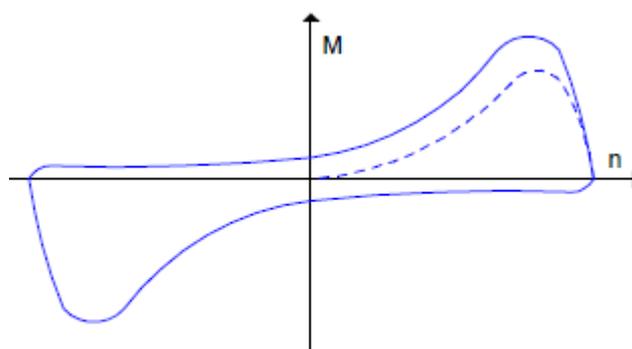
**Chacun des deux champs tournants développe un couple dont l'allure en fonction de la vitesse (ou du glissement) est la même que pour un moteur triphasé.**

Mais ces deux couples sont de sens contraire et prennent la même valeur arithmétique pour deux valeurs opposées de la vitesse.

Le couple résultant est la somme algébrique des deux couples, il est nul si la vitesse est nulle (c'est-à-dire au démarrage).

Donc ce moteur n'a pas de couple de démarrage.

Une impulsion mécanique sur le rotor provoque une inégalité des glissements, l'un des couples diminue pendant que l'autre augmente, le couple résultant provoque le démarrage du moteur dans le sens où il a été lancé.



Couple résultant d'un moteur monophasé

## 11.3 Types de démarrage

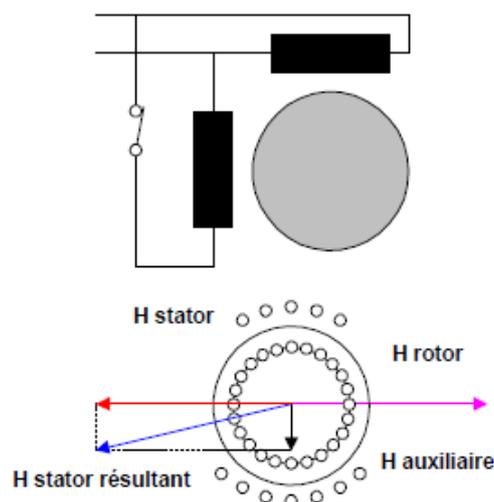
### 11.3.1 Démarrage par phase auxiliaire

Un enroulement auxiliaire est placé sur le stator de façon que le champ alternatif qu'il produit soit perpendiculaire au champ de l'enroulement principal.

Il en résulte un champ pulsant résultant suffisant pour démarrer le moteur à vide.

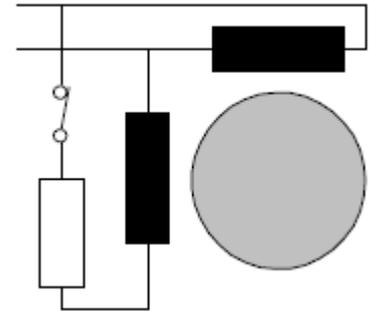
Donc, le couple de démarrage n'est plus nul.

Une fois le moteur lancé, un interrupteur centrifuge coupe l'alimentation de l'enroulement auxiliaire. Le couple de démarrage est très faible, il convient pour l'accroître, d'augmenter le décalage entre les deux champs produits par les bobinages.



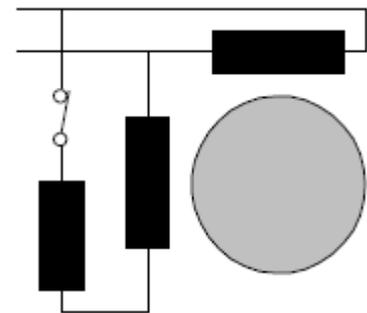
### 11.3.2 Démarrage par phase auxiliaire et résistance

Une résistance placée en série dans la phase auxiliaire augmente l'impédance et accroît le décalage entre le courant principal et le courant de l'enroulement auxiliaire.



### 11.3.3 Démarrage par phase auxiliaire et inductance

Même principe que ci-dessus, mais l'inductance en série dans la phase auxiliaire accroît le décalage entre les courants et par-là augmente le couple de démarrage.



### 11.3.4 Démarrage par phase auxiliaire et capacité

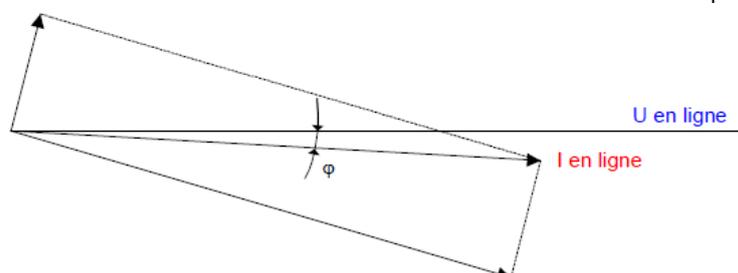
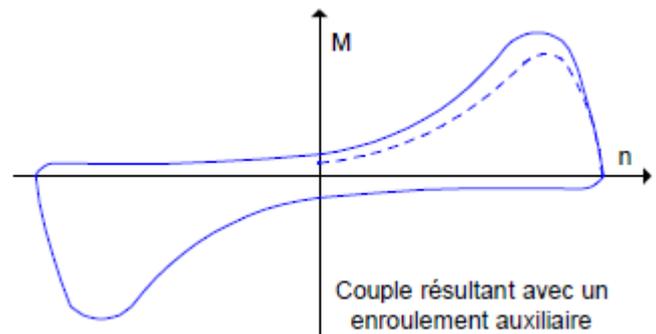
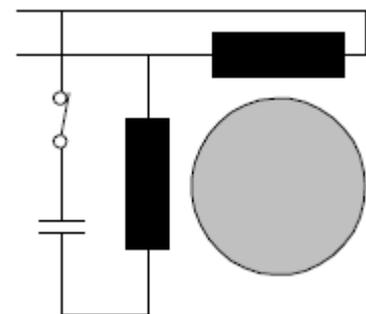
C'est le dispositif le plus utilisé, il consiste à placer un condensateur dans l'une des phases, le plus souvent dans la phase auxiliaire.

La présence de la capacité provoquant un déphasage inverse de celui d'une inductance, le fonctionnement en période de démarrage est voisin de celui d'un moteur diphasé à champ tournant.

Le couple de démarrage est très bon, sa valeur dépend du condensateur de démarrage dont la valeur varie entre 150 et 300  $\mu\text{F}$  pour des moteurs jusqu'à 1 kw.

Si la vitesse de rotation, par suite d'une surcharge de l'arbre descend en-dessous d'une certaine vitesse, l'interrupteur centrifuge se remet en service, ce qui permet au moteur de retrouver son couple de démarrage.

Le condensateur, décale le courant en avant de la tension dans la phase auxiliaire.



L'angle  $\varphi$  représente le déphasage en retard du courant de ligne sur la tension aux bornes du moteur, mais seulement au moment de son démarrage.

Outre son rôle de déphaseur, le condensateur améliore le facteur de puissance du moteur, car on peut remarquer que cet angle est assez fermé, d'où un  $\cos \varphi$  approchant la valeur 1 (condition idéale pour le fonctionnement du moteur).

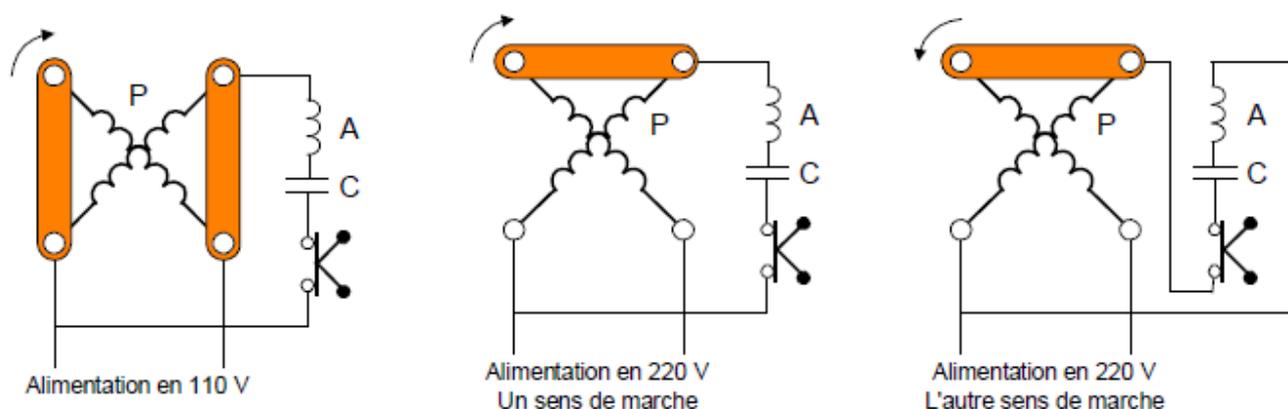
C'est pourquoi il arrive parfois que l'enroulement auxiliaire reste branché en permanence avec son condensateur.

Dans ce cas, un condensateur supplémentaire est utilisé pour le démarrage.

Les condensateurs sont presque toujours placés sur la carcasse du moteur et protégé par un capot.

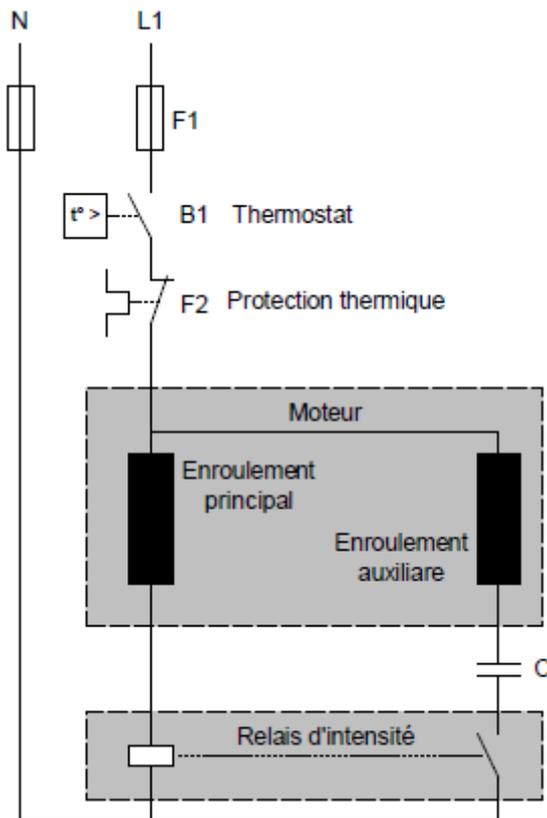
**Il arrive fréquemment que ces moteurs monophasés asynchrones à induction puissent fonctionner sur deux tensions, 127 V et 220 V.**

Pour inverser le sens de rotation, il suffit de permuter les connexions de l'un des deux enroulements.



Pour certaines applications, il n'est pas toujours possible de loger l'interrupteur à force centrifuge dans le moteur ; on a alors recours à un petit relais extérieur. C'est le cas dans un frigo de ménage où le rotor et les bobinages sont dans l'huile.

### 11.3.5 Démarrage d'un moto compresseur hermétique par relais d'intensité



Fonctionnement du relais d'intensité.

A la mise sous tension, le moteur ne pouvant pas démarrer, l'appel de courant est important.

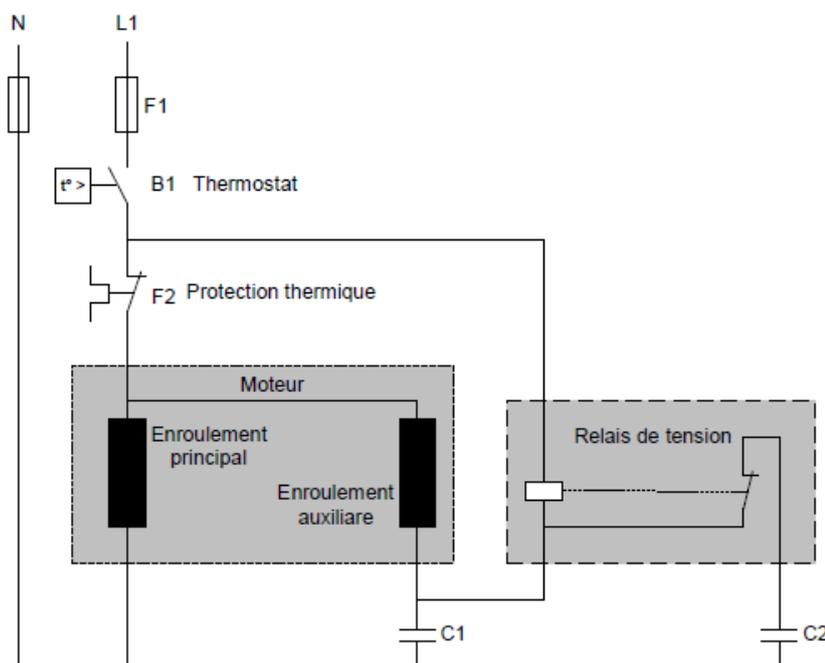
La bobine de gros fil du relais extérieure en série avec le bobinage principal attire son armature, cette dernière ferme un contact qui met en service la phase auxiliaire et le condensateur.

Le moteur démarre, le courant d'appel diminue et le relais relâche son armature, l'enroulement de démarrage est hors service.

### 11.3.6 Démarrage d'un moto compresseur hermétique par relais de tension

Pour des puissances supérieures à 500 ou 600 W, le démarrage des motos compresseurs, hermétiques monophasés se fait par relais de tension (relais potentiel).

En effet, le pouvoir de coupure des relais d'intensité est limité.



Les groupes hermétiques monophasés avec démarrage par relais de tension ont souvent un condensateur de démarrage et un condensateur permanent de marche.

C1 = condensateur permanent.

C2 = Condensateur de démarrage

### 11.3.6.1 Avantage de conserver un condensateur de marche

---

- ✓ facteur de puissance amélioré,
- ✓ couple maximum accru,
- ✓ puissance améliorée.

### 11.3.6.2 Fonctionnement du relais de tension

---

- ✓ A l'arrêt, la bobine du relais n'est pas sous tension et le contact du relais est fermé.
- ✓ En demande de froid, le thermostat ferme et met sous tension l'enroulement principal, l'enroulement auxiliaire ainsi que la bobine du relais de tension.
- ✓ Au démarrage la tension, aux bornes de l'enroulement auxiliaire ainsi qu'aux bornes de la bobine du relais, n'est pas suffisante pour permettre à la bobine d'ouvrir son contact.
- ✓ La tension induite aux bornes de l'enroulement auxiliaire ainsi qu'aux bornes de la bobine du relais de tension augmente régulièrement avec la vitesse de rotation du moteur.
- ✓ Dès que le moteur a atteint sa vitesse normale de rotation, la tension induite aux bornes de l'enroulement auxiliaire ainsi qu'aux bornes du relais de tension devient suffisante pour que la bobine ouvre son contact.
- ✓ En fonctionnement, la tension induite aux bornes de l'enroulement auxiliaire ainsi qu'aux bornes du relais de tension reste suffisante pour maintenir le contact ouvert.
- ✓ L'ouverture du contact du relais de tension provoque la mise hors tension du condensateur de démarrage.

### 11.3.6.3 Protections

---

Bon nombre de moteurs asynchrones monophasés équipant les appareils électroménagers sont pourvus d'une protection thermique par bimétal, certaines protections se réarment automatiquement après le déclenchement.

D'autres ont leur protection thermique incorporée dans une des flasques (côté interrupteur centrifuge) et demandent un réarmement manuel.

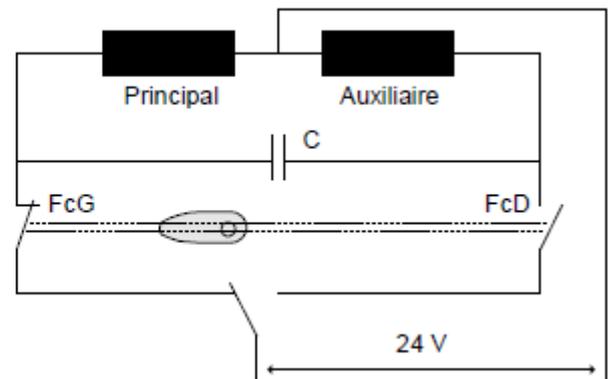
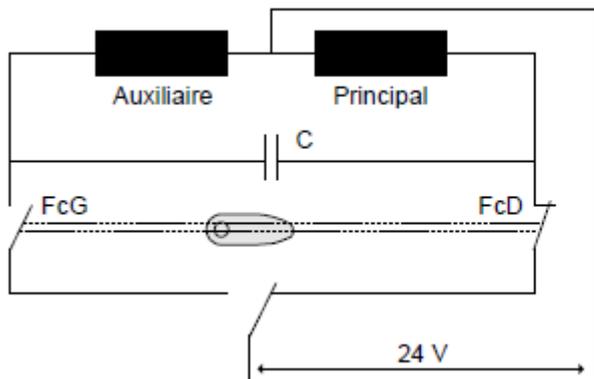
Certains moteurs sont équipés d'une varistance à « coefficient de température, positif » (CTP), qu'on insère en série avec la phase de démarrage, le courant qui la traverse l'échauffe et augmente brusquement sa résistance, la rendant ainsi « non passante » et interrompant le circuit de démarrage.

Utilisés dans les groupes hermétiques de certains réfrigérateurs.

**Veillez à éloigner le moteur et sa protection thermique de toute source de chaleur, pour éviter des déclenchements intempestifs.**

En général, l'enroulement auxiliaire a une résistance ohmique d'environ deux fois la valeur de l'enroulement principal. Toutefois, pour certaines applications où les deux sens de marche sont fréquemment sélectionnés, le principal et l'auxiliaire ont la même valeur.

Chaque enroulement devient tour à tour auxiliaire ou principal, suivant le sens de rotation.



Le moteur monophasé a plus de glissement que le moteur triphasé mais il a un plus mauvais facteur de puissance. Sous trop forte charge, il peut décrocher. A l'arrêt, l'intensité devient alors très forte et le moteur peut griller s'il n'est pas protégé par un disjoncteur.

Dans les cas où cela est possible, on préfère installer un moteur triphasé plutôt qu'un moteur monophasé.

Le moteur triphasé est meilleur que le moteur monophasé quant au rendement et couple de démarrage. De plus, il est moins onéreux car il exige moins de cuivre (bobinage plus réduit), jusqu'à 50 % de moins et il n'exige pas de dispositif de démarrage.

### Exemple d'exploitation des paramètres influençant le fonctionnement des moteurs

Cahier des charges.

- ✓ Moteur 0.55 kW - 110/220 V 50 Hz - 1500 t/min,
- ✓ Réseau 220 V monophasé 50 Hz,
- ✓ Service S1.

Données des constructeurs :

Puissance		Type	Caractéristiques en charge				Caract. au démarrage		Condensateur		Poids
kW	ch	Leroy Somer	t/min	I	$\eta$	Cos. $\varphi$	Id/In	Md/Mn	$\mu\text{F}$	V	kg
0.09	0.12	LS 63 ER	1420	1.3	45	0.70	3	1.7	35	120	5
0.12	0.17	LS 71 C	1440	2.3	44	0.6	3	2	60	120	6
0.18	0.25	LS 63 ER	2800	1.95	55	0.8	3.9	1.8	80	120	5.2
		LS 71 C	1445	2.65	52	0.6	3.8	1.8	80	120	7
0.25	0.33	LS 71 C	2850	2.5	57.5	0.7	4.8	2.5	120	120	6.5
		LS 80 C	1415	3.3	52	0.65	3.6	2	120	120	9.5
0.37	0.5	LS 71 C	2800	3.3	66	0.77	4.8	2	160	120	7.5
		LS 80 C	1405	4.4	54	0.69	3.7	1.9	160	120	10.5
0.55	0.75	LS 80 C	2825	4.8	62	0.84	4.6	2	230	120	11
		LS 80 C	1390	6	57	0.72	4	1.9	230	120	12
0.75	1	LS 80 C	2865	6	68	0.82	5.7	1.9	310	120	12.5
		LS 90 C	1425	6.8	65	0.76	4.7	1.9	310	120	15.5
1.10	1.5	LS 90 C	2870	8.3	72	0.84	5.2	2.1	460	120	16.5
		LS 90 C	1435	9.5	66	0.79	5	1.8	460	120	17.5

Id : intensité au démarrage - In : intensité nominale - Md : couple au démarrage Mn : couple nominal.

- ✓ Le moteur est à condensateur de démarrage avec interrupteur centrifuge (= 230 mF - 120 V),
- ✓ Les enroulements seront couplés en série,
- ✓ Le couple de démarrage Md vaut 1.9 Mn (possibilité de démarrage),
- ✓ L'intensité au démarrage Id vaut 4 In (réglage des relais de protection),
- ✓ La fréquence de rotation vaut 1390.

## 11.3.7 Mesurage et maintenance des moteurs

---

### 11.3.7.1 Emplacement

---

- ✓ Le moteur doit être installé dans un endroit convenablement aéré,
- ✓ S'assurer qu'il n'y pas de recyclage de l'air chaud.

### 11.3.7.2 Raccordement

---

- ✓ Se conformer à la plaque signalétique et au schéma situé à l'intérieur de la plaque à bornes,
- ✓ S'assurer que le relais de protection contre les surcharges est correctement réglé.

### 11.3.7.3 Dysfonctionnement

---

- ✓ Mesurer la continuité électrique des enroulements (à l'ohmmètre),
- ✓ Mesurer l'isolement (au mégohmmètre ou à la magnéto sous 500 V),
- ✓ Contrôler les appareils de commande et de protection.

### 11.3.7.4 Graissage des roulements

---

- ✓ Certains roulements sont graissés à vie ;
- ✓ Pour les autres roulements, les périodes de graissage sont données pour une température de fonctionnement du roulement de 85° C ; la périodicité est à diviser par deux par 15° C supplémentaire.

## 11.3.8 Eléments permettant la vérification du comportement des moteurs

---

### 11.3.8.1 Ambiance de travail

---

- ✓ Degré de protection en fonction de l'environnement (IP),
- ✓ Température ambiante (sans correction si  $t_a < 40^\circ \text{C}$ ).

### 11.3.8.2 Organe entraîné

---

- ✓ Fréquence de rotation (t/min),
- ✓ Puissance nécessaire sur l'arbre (W),
- ✓ Couple nominal 5N.m),
- ✓ Durée de démarrage (S).

### 11.3.8.3 Utilisations

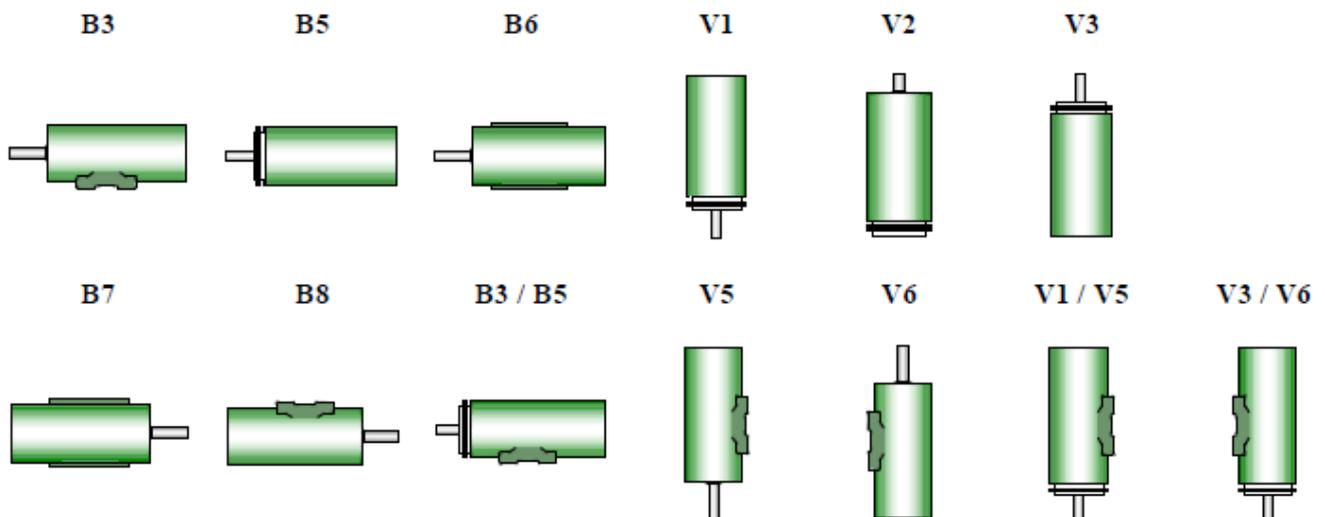
- ✓ Modèle à condensateur permanent « P » : utilisation sans contraintes particulières ( $M_d/M_n$  voisin de 0.8) ;
- ✓ Modèle à condensateur de démarrage à coupleur centrifuge ou relais d'intensité, de tension. Utilisation nécessitant un couple de démarrage important ( $M_d/M_n$ , voisin de 2) ;
- ✓ Modèle à condensateur de démarrage et à condensateur permanent « PC ». Utilisation nécessitant un couple de démarrage important et un couple permanent élevé ( $M_d/M_n @ 1.6$ ).

### 11.3.8.4 Réseau électrique de l'utilisateur

- ✓ Appel de courant au démarrage (A) : pointe admissible au démarrage sans déclenchement de la protection ;
- ✓ Fréquence (Hz).

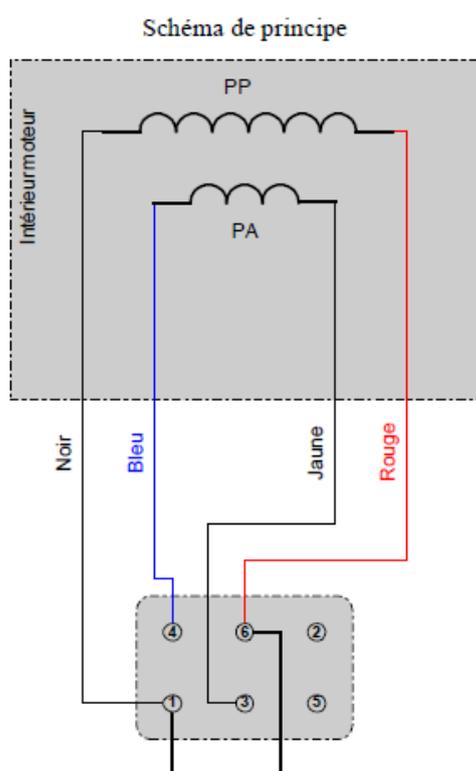
### 11.3.8.5 Autres caractéristiques

- ✓ Le fonctionnement est prévu pour un service continu S1,
- ✓ Isolation de classe B,
- ✓ Forme de fixation :
  - Moteurs à pattes de fixation : B3 - B6 - B7 - B8 - V5 - V6,
  - Moteurs à bride de fixation à trous lisses : B5 - V1 - V3 - B35,
  - Moteurs à bride de fixation à trous taraudés : B14 - V18 - V19 - B34.

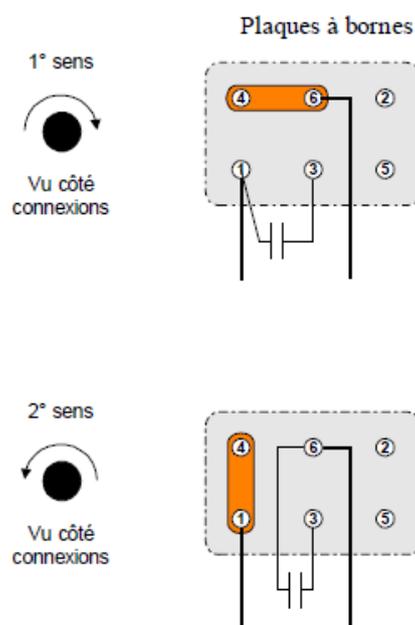


## 12 Schémas de raccordement des moteurs asynchrones mono

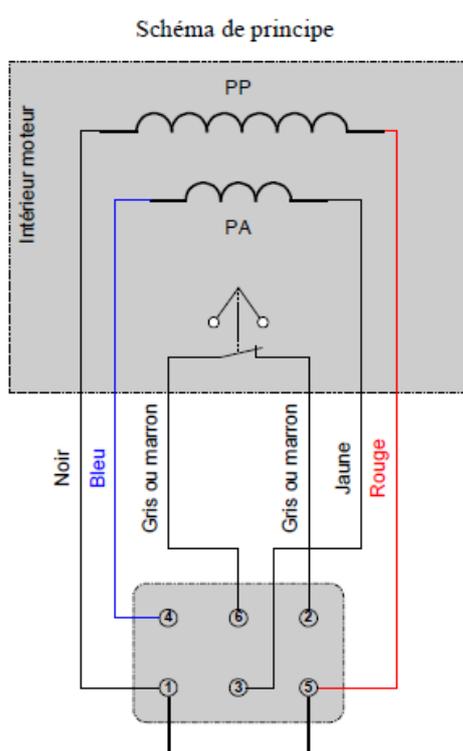
### 12.1 A condensateur permanent



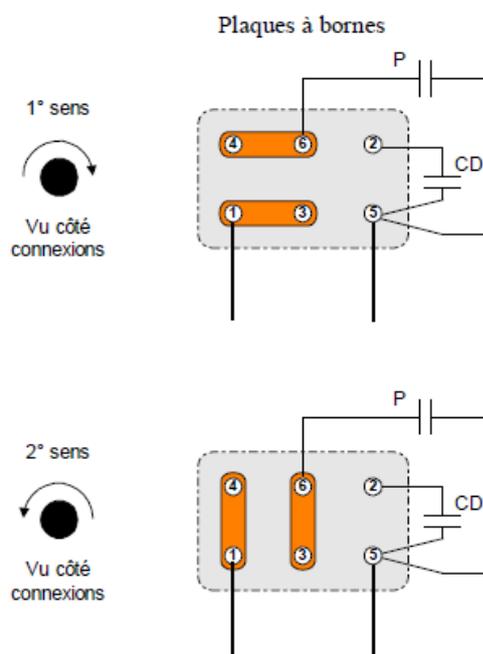
Condensateur raccordé sur branchement  
1 TENSION - 2SENS



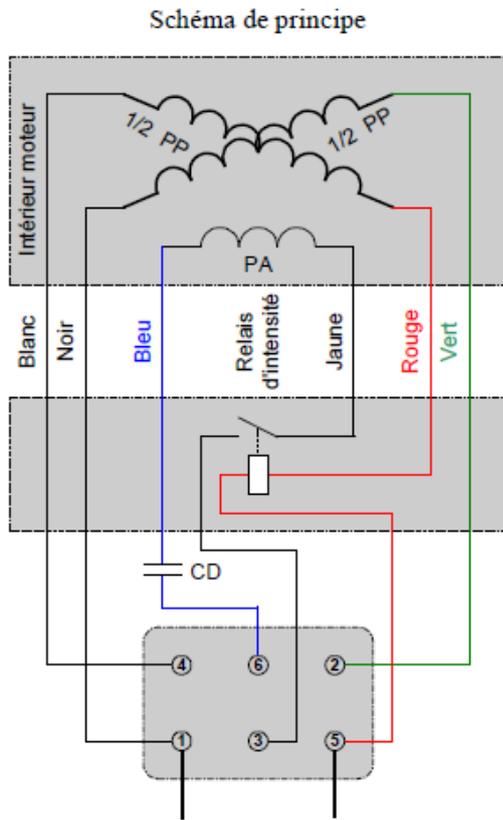
### 12.2 A coupleur centrifuge - A condensateur permanent



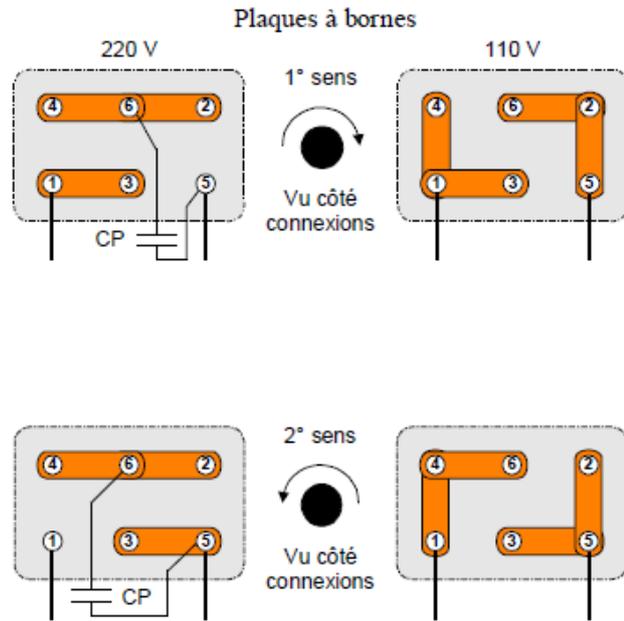
Condensateur raccordé sur branchement  
1 TENSION - 2SENS



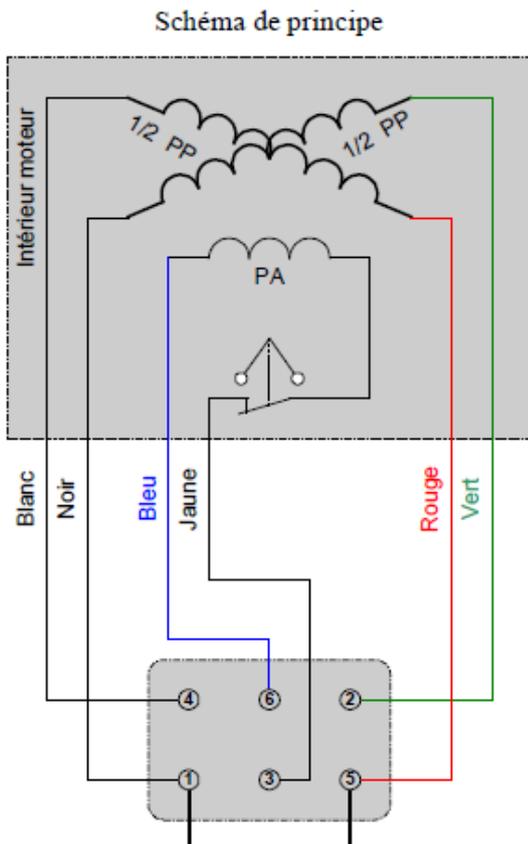
### 12.3 A condensateur permanent et relais d'intensité



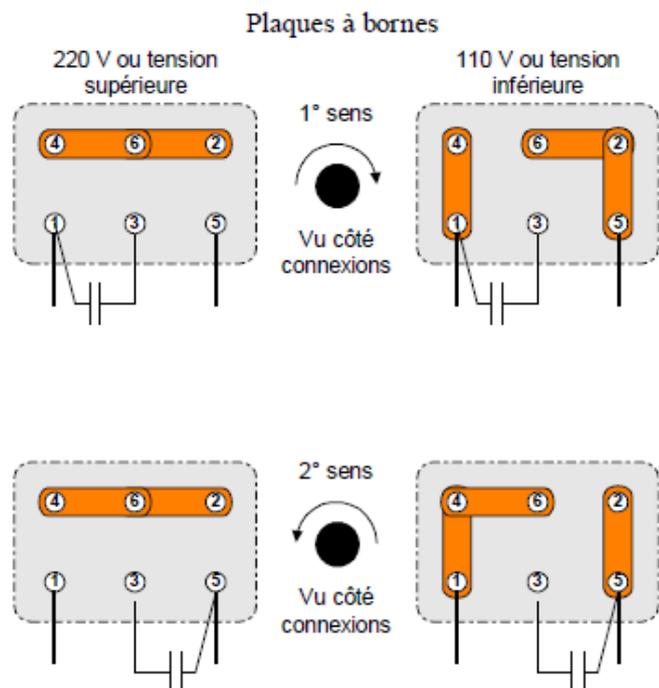
Condensateur raccordé sur branchement  
2 tensions – 2 sens



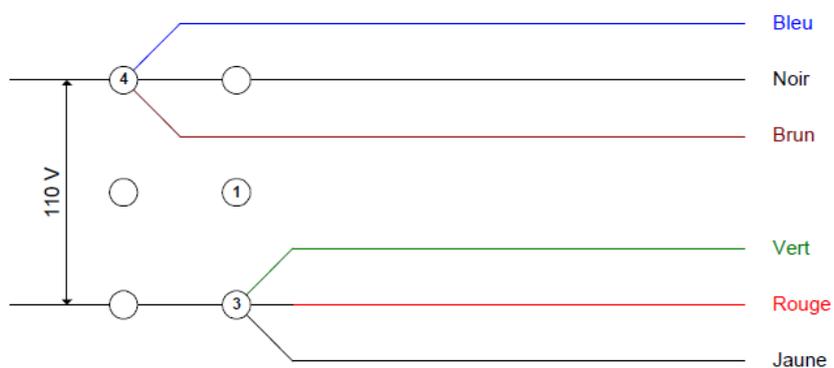
### 12.4 A coupleur centrifuge - A condensateur de démarrage



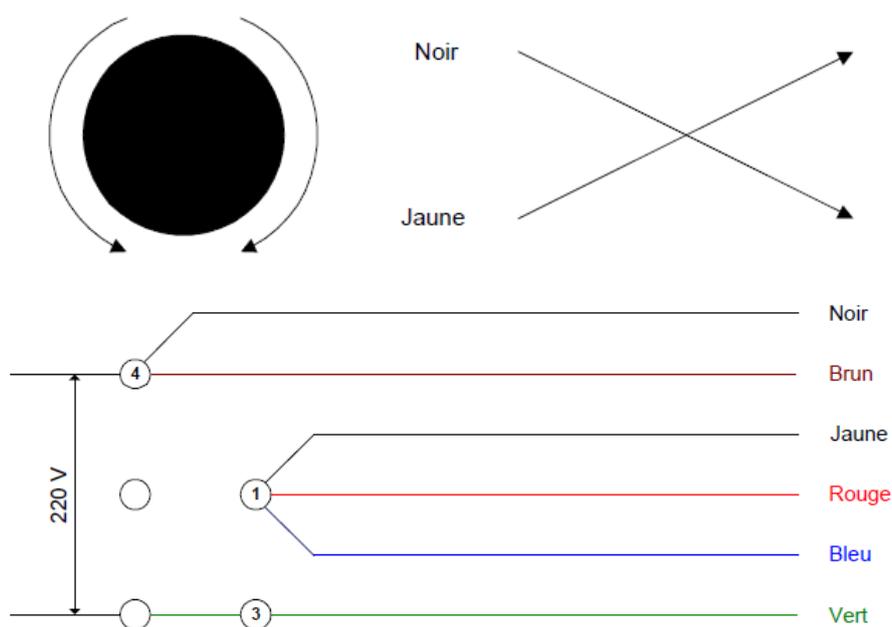
Condensateur raccordé sur branchement  
2 tensions – 2 sens



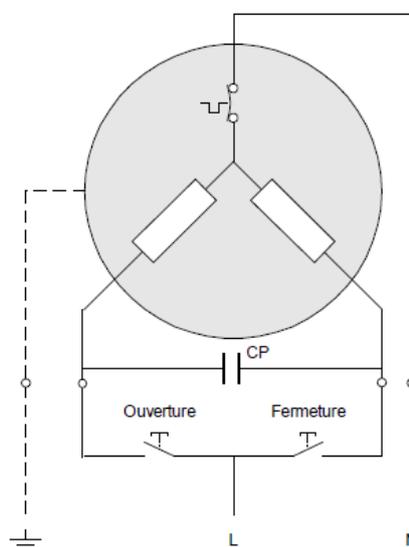
## 12.5 Boîte à bornes pour moteur asynchrone monophasé de l'atelier



### 12.5.1 Inversion du sens de marche



## 12.6 Moteur monophasé pour tenture



## 13 Le moteur universel

### Le rotor ou induit

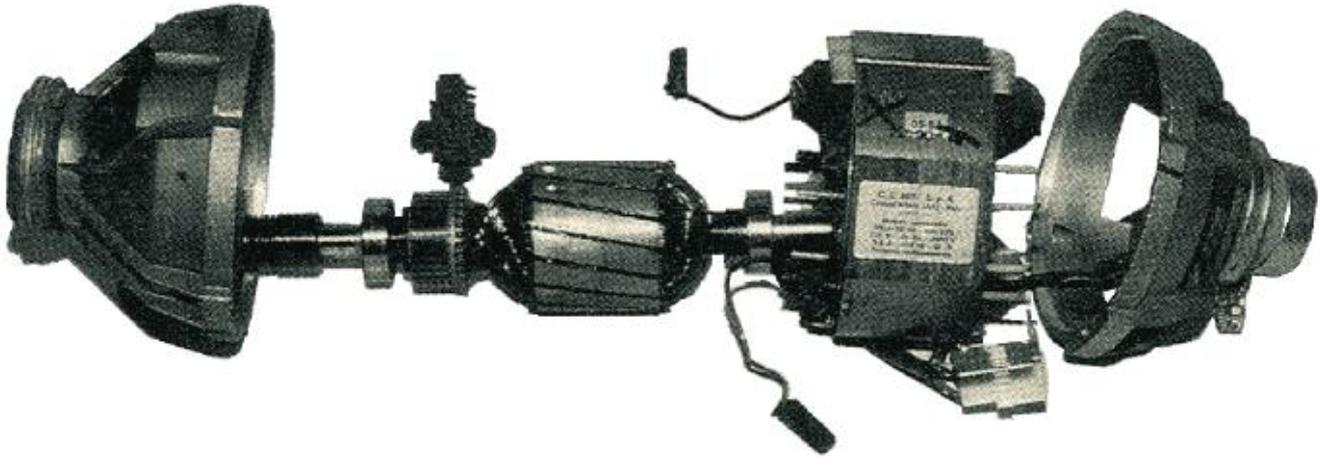
**Il est identique à celui d'un moteur à courant continu, et est constitué d'un empilage de tôles au silicium, isolées les unes des autres par un vernis bakéliné.**

Le bobinage en circuit fermé est logé dans les rainures du rotor et soudé par chaque extrémité de ces sections aux lames de cuivre du collecteur.

### Le stator ou inducteur

Est composé d'une carcasse en tôle d'aluminium ou en zamak, carcasse pourvue de deux épanouissements polaires en tôles empilées.

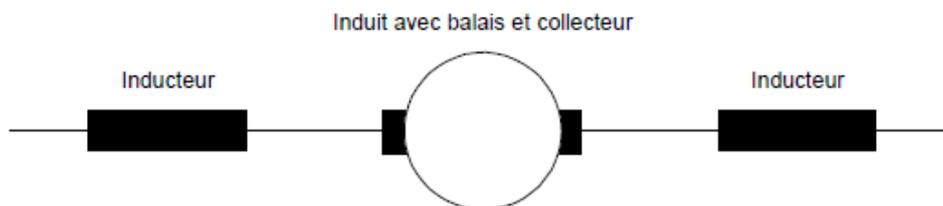
Les deux bobines sont montées sur l'axe des pôles.



### 13.1 Raccordement

L'inducteur et l'induit sont montés en série par l'intermédiaire des balais et du collecteur.

C'est un moteur continu série.



### 13.2 Caractéristiques

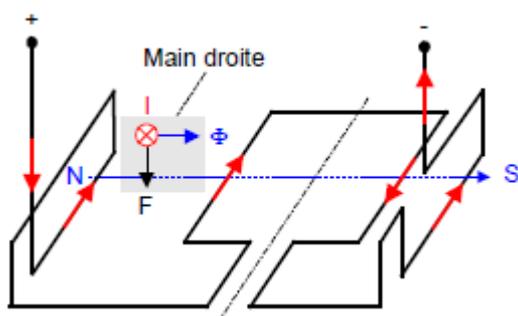
- ✓ Le démarrage est direct ;
- ✓ La vitesse est indépendante de la fréquence, elle peut atteindre 20 000 t/min ;
- ✓ Vu la commutation et les étincelles au collecteur, la puissance est limitée ;
- ✓ Ils ont un bon couple de démarrage ;
- ✓ L'inversion de sens de marche se fait en inversant le sens du courant dans l'induit par rapport à celui de l'inducteur.

### 13.3 Utilisations

Ces moteurs conviennent pour entraîner des machines de petites tailles : aspirateur, moulin à café, foreuse portative, disqueuse, etc.

Pour simplifier les idées, imaginons un moteur à trois spires, deux fixes pour les inducteurs et une qui peut tourner pour l'induit.

Soit que l'on alimente le moteur en courant continu sur la figure ci-contre, on peut représenter le sens du courant par des croix et des points.



Par la règle du tire-bouchon on trouve le sens du champ magnétique et le sens de rotation de l'induit.

Si on inverse le sens du courant d'alimentation, le champ H et le courant I changent de sens, et le sens de rotation ne change pas.

Si on alimente le moteur en courant alternatif, le sens de rotation se maintient également, d'où le nom de moteur universel.

### 13.4 Réglage de la vitesse des moteurs universels

La vitesse d'un moteur universel comme celle d'un moteur à courant continu dépend de :

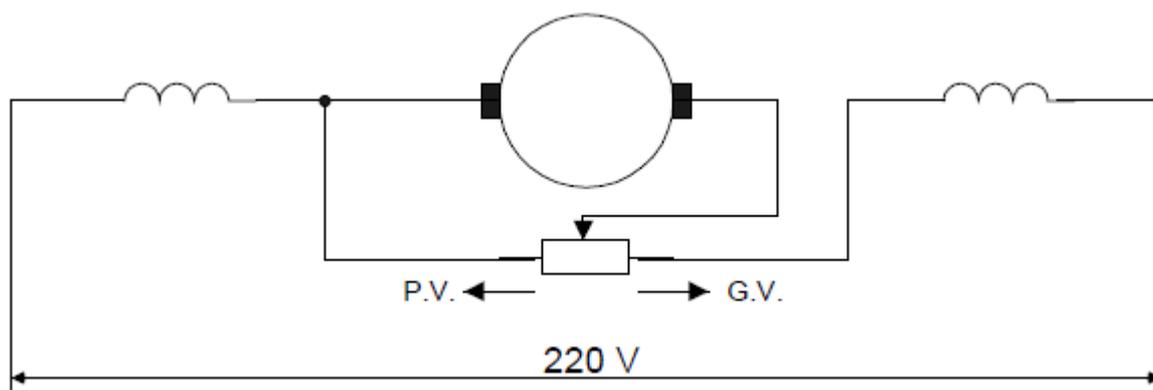
- ✓ De la tension d'alimentation,
- ✓ Du flux.

$$n = \frac{U - R I}{\phi}$$

#### 13.4.1 Réglage de la vitesse en agissant sur la tension U

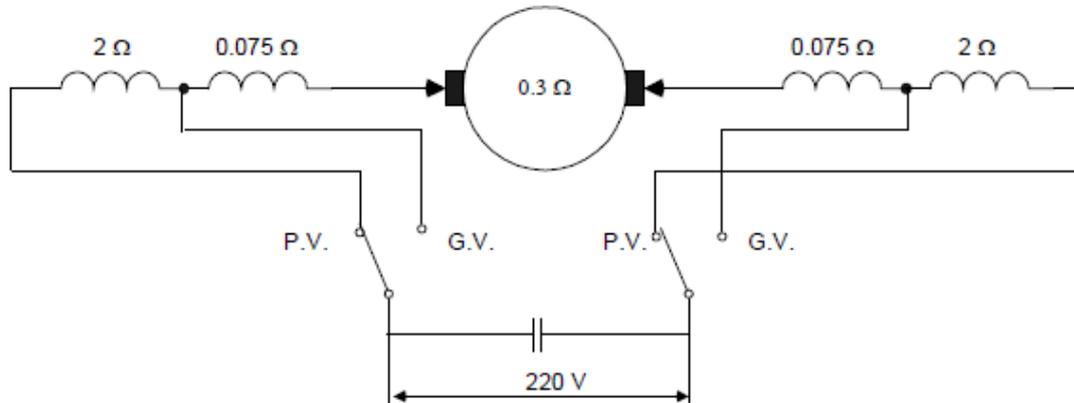
Couplage Barkausen pour machine à coudre.

Réglage de vitesse progressif.



### 13.4.2 Réglage de la vitesse en agissant sur le flux

#### Moteur à deux vitesses type aspirateur.



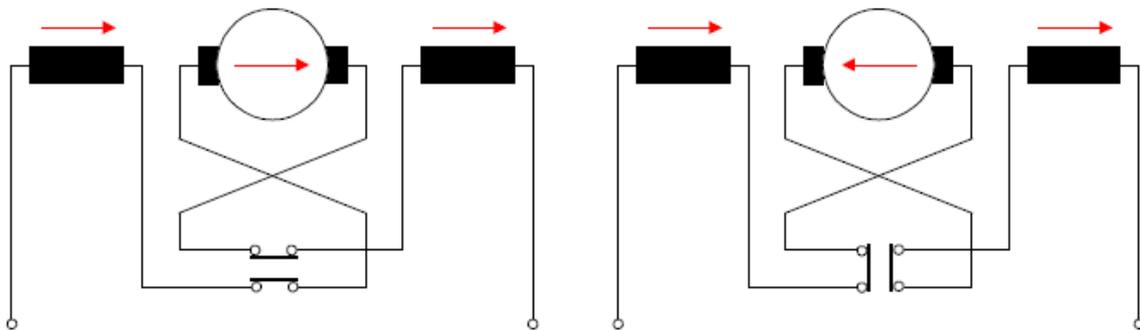
La résistance totale est plus grande en petite vitesse qu'en grande vitesse.

Grande vitesse  $R = 0.45 \Omega$  (à l'ohmmètre) mais moins de spires  $\Rightarrow \Phi$  diminue et donc  $n$  augmente.

Petite vitesse  $R = 4.45 \Omega$  (à l'ohmmètre) mais plus de spires  $\Rightarrow \Phi$  augmente et donc  $n$  diminue.

### 13.4.3 Inversion du sens de rotation

On inverse le sens du courant dans l'induit (le plus fréquemment) ou dans l'inducteur.



### 13.4.4 Diagnostic de panne sur des machines équipées d'un moteur universel

A la mise sous tension, les fusibles fondent :

Le moteur ne démarre pas :

Les balais crachent fortement ; un arc fait quelque fois le tour du collecteur.

- ✓ Court-circuit du condensateur de déparasitage,
- ✓ Court-circuit des inducteurs,
- ✓ Court-circuit de l'induit.
- ✓ Rupture du cordon d'alimentation,
- ✓ Rupture des inducteurs,
- ✓ Rupture de l'induit,
- ✓ Balais usés.
- ✓ Rupture de l'induit (une ou plusieurs spires) ;
- ✓ Balais de mauvaise qualité ou bien cassés ou ayant trop de jeu dans la porte-balais.

### 13.4.5 Contrôle à la masse de l'induit

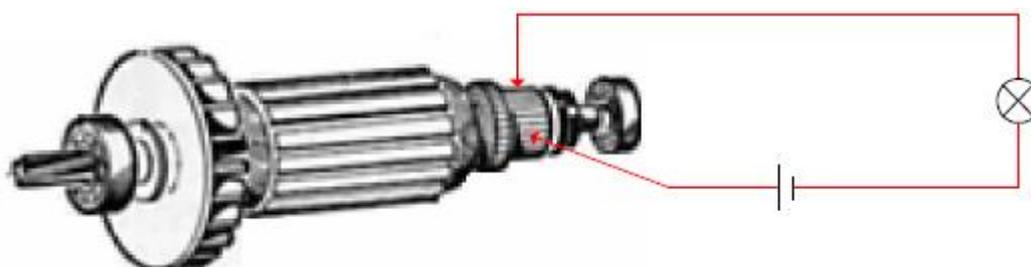
---

**La vérification se fait au contrôleur d'isolement.**

### 13.4.6 Contrôle d'une rupture de l'induit

---

La vérification se fait à l'ohmmètre ou avec une ampoule en série alimentée par une pile.



Une rupture dans l'induit peut être décelée par l'examen du collecteur. Des traces de brûlures localisées peuvent provenir d'un arc qui se produit chaque fois qu'une lame du collecteur connectée à la spire rompue, passe sous un balai.

Une autre façon de contrôler si un induit est en court-circuit, est de vérifier lame par lame avec une source de courant continu de 9 V.

On peut également de cette façon, vérifier s'il y a des spires en court-circuit aux inducteurs. Induit ou inducteur en défauts, doivent être remplacés par un nouveau, on ne rembobine pas.

**Remarques :** Toujours remplacer l'induit par un autre vendu avec son ventilateur, ce nouvel induit a été équilibré après fabrication avec son ventilateur.

Certaines petites machines tournent très vite (10 à 15 000 t/min). Lors de l'essai après réparation, si le moteur n'est pas accouplé avec sa charge, l'essai doit être bref (risque que le moteur s'emballe).

Ne pas nettoyer à la toile émeri un collecteur présentant des traces de patine (noir brillant), la patine est un signe de bon fonctionnement ; la commutation au collecteur est bonne.

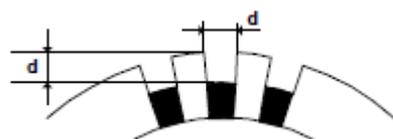
### 13.4.7 Grattage des micas au collecteur

---

**Cette opération se fait sur des gros moteurs (moteur de gerbeur électrique par exemple).**

Les lames du collecteur sont isolées entre elles par du mica.

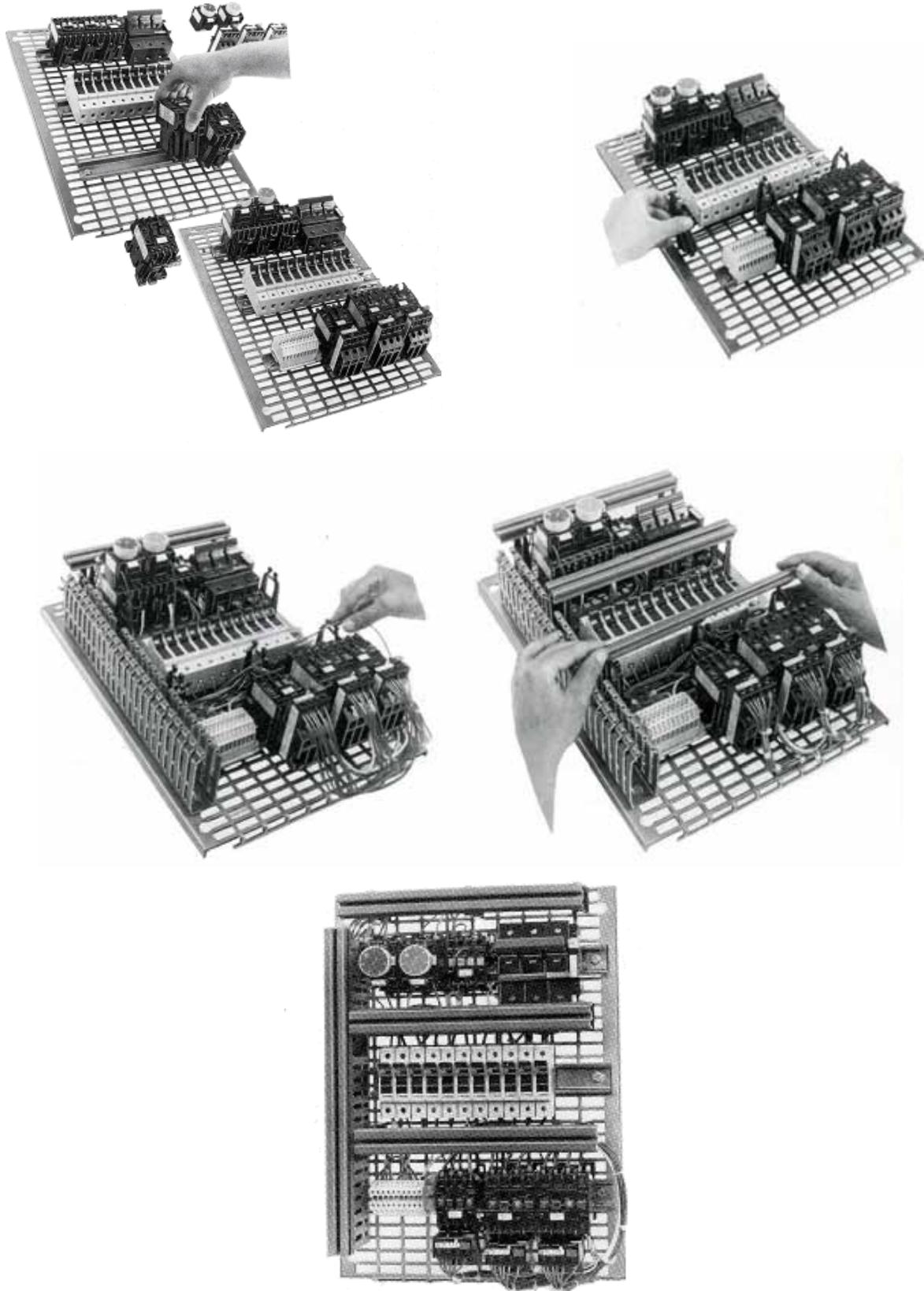
Le cuivre s'use plus rapidement que le mica, il arrive alors que les balais crachent et même se cassent : il faut dans cas gratter les micas.



Le grattage des micas doit toujours être effectué après rectification du collecteur sur un tour. La profondeur de grattage est égale à l'épaisseur du mica. Il est conseillé de chanfreiner par la suite les bords des lames de cuivre pour enlever les bavures.

## 14 Relais et contacteurs

### 14.1 Montage d'une platine



## 14.2 Commande de puissance - Le contacteur

L'énergie électrique, mise à la disposition des industriels ou des particuliers par l'intermédiaire d'un réseau de distribution, ne peut être connectée en permanence sur l'ensemble des récepteurs. Il est donc nécessaire d'employer des systèmes de commande de puissance permettant le transfert ou l'interruption de l'énergie électrique en provenance du réseau, vers le ou les récepteurs.

Ce sont les interrupteurs, disjoncteurs et surtout les contacteurs qui assurent cette fonction appelée « commande de puissance ». Les variateurs électroniques assurent également cette fonction.

Dans la majorité des cas, pour faciliter l'exploitation, ainsi que le travail de l'opérateur qui se trouve souvent éloigné des organes de puissance, il est indispensable de recourir à la commande à distance.

Le relayage s'effectue par l'intermédiaire d'un système moteur (électro-aimant) qui, commandé par des auxiliaires de commande (ex. : bouton poussoir) remplace l'action manuelle de l'opérateur.

Le contacteur, grâce à son électro-aimant, remplit également la fonction de « commande » ou de « contrôle » à distance.

Cette dernière implique bien souvent un compte-rendu de l'action engagée soit par visualisation à l'aide de voyants lumineux, soit par asservissement d'un second appareil. Ces circuits électriques complémentaires sont eux aussi réalisés à l'aide de contacts incorporés au contacteur.

### 14.2.1 Généralités

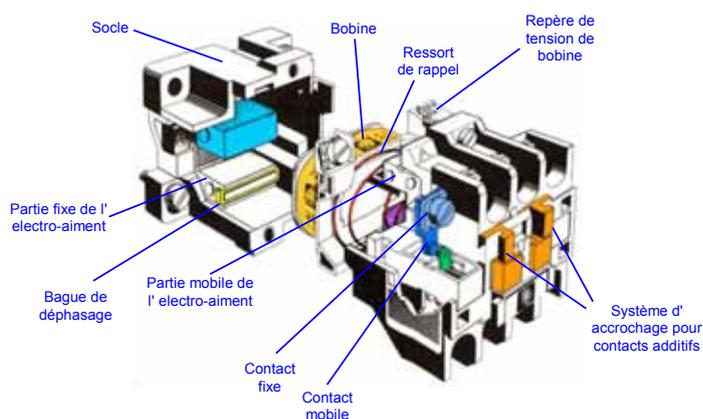
Le contacteur est un appareil mécanique de jonction commandé par un électro-aimant.

Il fonctionne par « tout ou rien ».

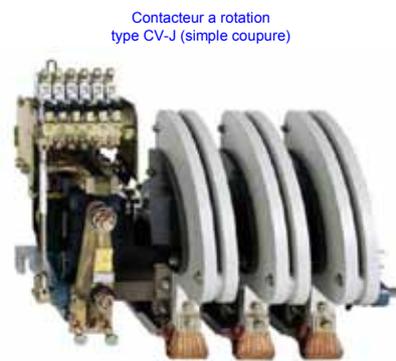
Lorsque la bobine de l'électro-aimant est alimentée, le contacteur se ferme, établissant, par l'intermédiaire de pôles, le circuit entre le réseau d'alimentation et le récepteur. La partie mobile de l'électro-aimant qui entraîne les parties mobiles des pôles et des contacts auxiliaires ou, dans certains cas le dispositif de commande de ces derniers se déplace :

- ✓ Soit par rotation en pivotant sur un axe
- ✓ Soit par translation, en glissant parallèlement aux parties fixes,
- ✓ Soit par un mouvement conjugué des deux.

Contacteur à translation



Contacteur en rotation  
Grosse puissance  $I > 125$  A



Dès que la bobine est privée de tension, le circuit magnétique se démagnétise et le contacteur s'ouvre sous l'effet :

- ✓ des ressorts de pression des pôles,
- ✓ du ressort de rappel de l'armature mobile,
- ✓ pour certains appareils, de la gravité (l'équipage mobile tendant naturellement à reprendre sa position d'origine).

## 14.2.2 Constitution d'un contacteur

---

### 14.2.2.1 L'électro-aimant

---

Il comprend essentiellement un circuit magnétique et une bobine. Sa forme varie en fonction du type de contacteur et peut éventuellement différer selon la nature du courant d'alimentation, alternatif ou continu.

Un léger entrefer prévu dans le circuit magnétique en position « fermeture » évite tout risque de rémanence. Il est réalisé par enlèvement de métal, soit par l'insertion d'un matériau amagnétique.

Dans un circuit magnétique, la course d'appel est la distance qui sépare la partie fixe de la partie mobile, lorsque le contacteur est au repos. La course d'écrasement est la distance qui sépare ces deux parties lorsque les pôles viennent en contact.

Les ressorts qui assurent la pression sur les pôles se compriment au cours et jusqu'à la fin de la course d'écrasement.

### 14.2.2.2 Circuit magnétique type courant alternatif

---

Caractéristiques :

- ✓ Tôles d'acier au silicium,
- ✓ Circuit feuilleté afin de réduire les courants de Foucault
- ✓ Rectification précise des parties fixes et mobiles (fonctionnement silencieux)
- ✓ Une ou deux bagues de déphasage ou spire de Frager, créant dans une partie du circuit un flux décalé par rapport au flux alternatif principal. Cet artifice permet d'éviter l'annulation périodique du flux total, donc de la force d'attraction (ce qui évite des vibrations bruyantes)

Un circuit magnétique feuilleté peut être utilisé sans inconvénients en courant continu. Dans ce cas, la bobine employée diffère de la bobine normalement prévue pour une tension alternative de même valeur. De plus, une résistance de réduction de consommation doit être insérée dans le circuit de commande de la bobine dès la fermeture du contacteur.

### 14.2.2.3 Circuit magnétique type courant continu

---

En courant continu, il n'y a pas de courant de Foucault. On utilisera donc, au lieu d'un circuit magnétique feuilleté, un électro-aimant spécifique « courant continu » doté d'un circuit magnétique en acier massif.

### 14.2.2.4 Bobine

---

La bobine produit le flux magnétique nécessaire à l'attraction de l'armature mobile de l'électro-aimant.

Suivant le contacteur, elle est montée sur une ou deux branches du circuit magnétique.

Elle est conçue pour résister aux chocs mécaniques provoqués par la fermeture et l'ouverture des contacteurs ainsi qu'aux chocs électromagnétiques dus au passage du courant dans ses spires.

Afin de réduire les chocs mécaniques ; la bobine, le circuit magnétique ou les deux : sont montés sur amortisseurs.

Les bobines employées actuellement sont particulièrement résistantes aux surtensions, aux chocs, aux atmosphères agressives.

### 14.2.2.5 Les contacts

Ce sont eux qui sont chargés d'établir ou de rompre le courant dans le circuit de puissance. En conséquence, ils sont dimensionnés pour permettre le passage du courant nominal du contacteur en service permanent sans échauffement anormal.

Ils comportent une partie fixe et une partie mobile, cette dernière munie de ressorts qui transmettent une pression convenable au niveau des contacts. Ceux-ci sont à simple coupure ou à double coupure.

Les contacts sont en matériau inoxydable (argent - oxyde de cadmium) dont la résistance mécanique et la résistance à l'arc sont remarquables. Ils sont le plus souvent complétés par un dispositif facilitant l'extinction de l'arc qui prend naissance entre la partie fixe et la partie mobile, lorsque le contacteur « coupe en charge »

Employés pour résoudre certains problèmes d'automatisme, les pôles rupteurs (NF) fonctionnent à l'inverse des pôles à fermeture (NO) : leurs contacts sont « passants » lorsque l'électro-aimant de commande n'est pas alimenté et « non passants » lorsqu'il est mis sous tension.



## 14.3 –K Relais et contacteur

### Contacteur de puissance

C'est un appareil de coupure capable d'interrompre ou de rétablir fréquemment des circuits à courants élevés.



### Relais

Contacteur à petit pouvoir de coupure dont les contacts n'agissent que dans des circuits de commande ou de signalisation.

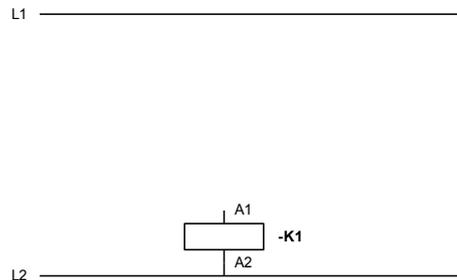


- K = repère d'identification
- K1 = suivi d'un n° d'ordre
- K1M = M indique qu'il s'agit d'un contacteur (ligne-moteur)
- K1A = A signifie que c'est un relais ou un contacteur auxiliaire.

#### SYMBOLES GRAPHIQUES

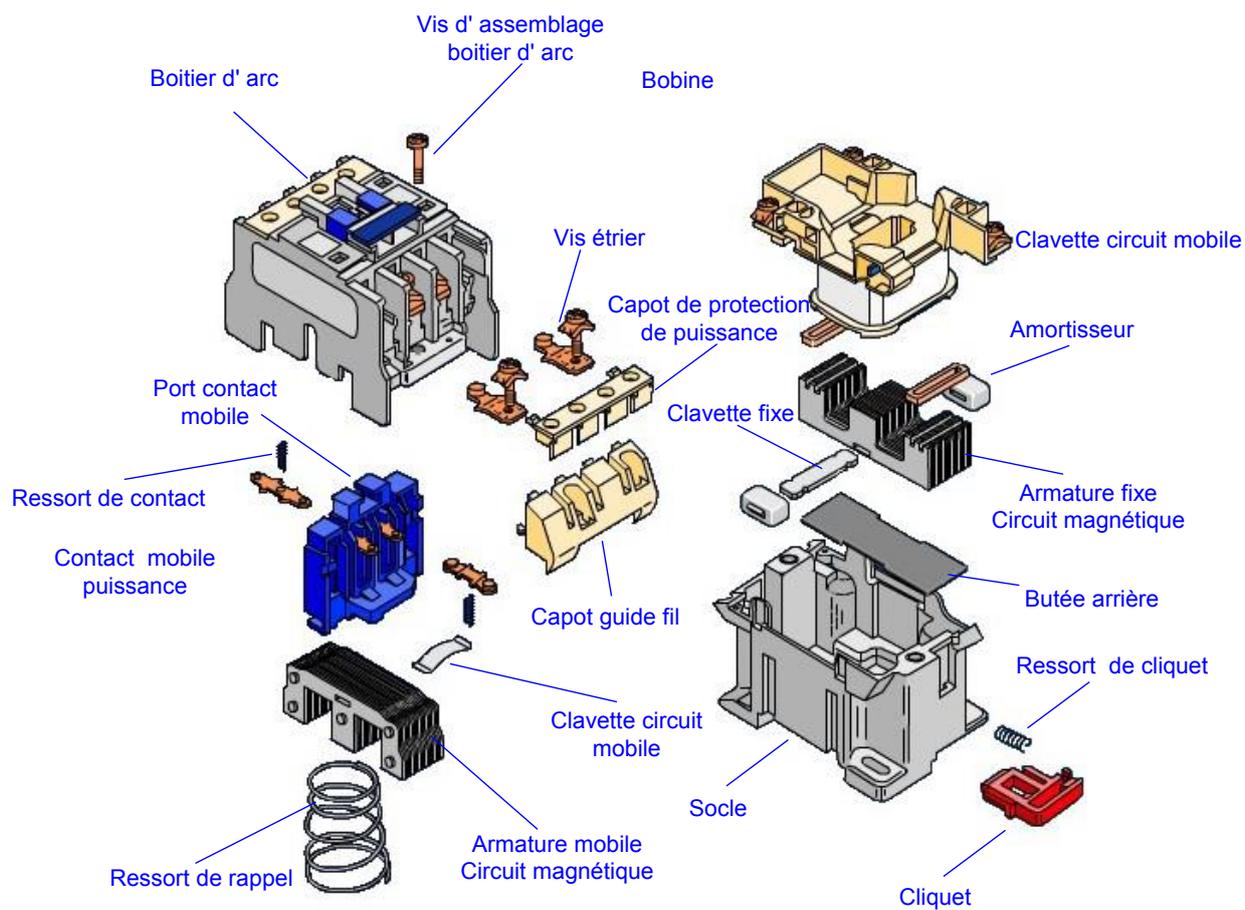
Selon les normes NBN

- C03 – 101 ou CEI 117 – 1
- C03 – 102 ou CEI 117 – 2
- C03 – 103 ou CEI 117 – 3
- C03 – 104 ou CEI 117 – 4
- C03 – 105 ou CEI 117 – 5



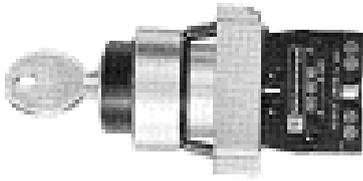
Organe de commande d'un contacteur, d'un relais ou d'une électrovanne. Symbole général d'une bobine.	
Contact d'un contacteur de puissance.	
Contact « à la fermeture » ou de travail ou contact ouvert au repos Contact <b>N</b> ormalement <b>O</b> uvert : <b>NO</b>	
Contact « à l'ouverture » ou de repos ou contact fermé au repos. Contact <b>N</b> ormalement <b>F</b> ermé : <b>NF</b>	

### 14.3.1 Vue éclatée d'un contacteur

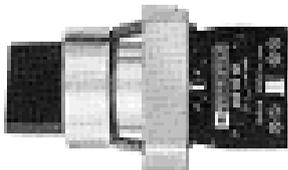
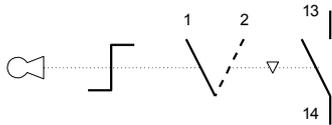


## 14.4 –S Appareils mécaniques de connexion pour circuit de conduite

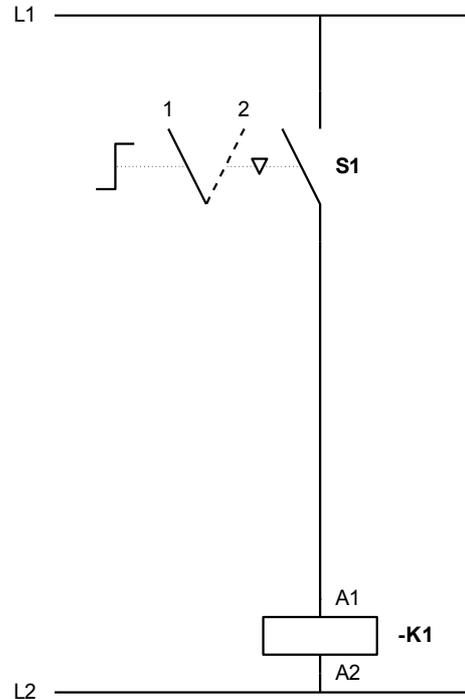
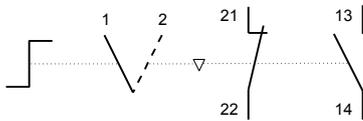
Auxiliaires manuels de commande : boutons poussoirs, interrupteurs de fin de course, de positions, de proximités, commutateurs, sélecteurs...



Bouton tournant à serrure  
(clé n°455)  
2 positions fixes.



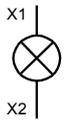
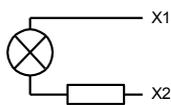
Boutons tournants  
2 positions fixes



Interrupteur (symbole général).	
Le trait plein indique la position de l'interrupteur.	
Commande rotative.	
Commande par clé.	
Retour non automatique.	

## 14.5 –H Dispositif de signalisation

Avertisseurs lumineux et sonores.

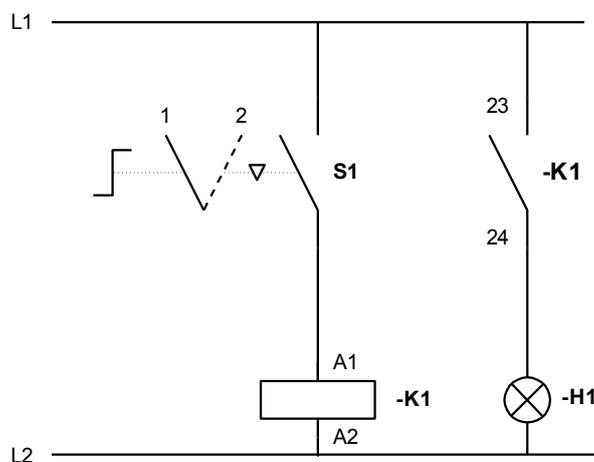
Désignation	Schéma	Tension d'alimentation	
<b>Éléments de signalisation pour voyants lumineux.</b>			
	Alimentation directe Lampe non fournie		≤ 400 V
	Avec réducteur de tension Lampe à culot BA 9s. 130 V fournie		230 V

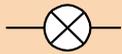
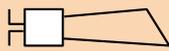
### Têtes pour voyants lumineux.



Utilisation avec lampes à incandescence

Vert  
Rouge  
Jaune  
Bleu  
Incolore



Témoin de signalisation.	
Avertisseur sonore.	
Sonnerie.	
Ronfleur	

## 14.5.1 Protection des récepteurs et des équipements

Examen dans ce chapitre des différentes solutions qui peuvent être utilisées pour résoudre les problèmes de protection, et de comparer techniquement ces solutions afin d'en faciliter le choix.

Les différents types de protection et les produits correspondants utilisés dans les équipements automatiques à contacteurs sont les suivants :

- ✓ protection contre les surcharges faibles et prolongées : relais thermiques, sondes à thermistances.
- ✓ protection contre les charges importantes : relais électromagnétiques.
- ✓ protection contre les courts-circuits : fusibles.
- ✓ protection contre la marche en monophasé : relais thermiques différentiels, sectionneurs équipés d'un dispositif adéquat et munis de fusibles à percuteur.
- ✓ protection à manque de tension : contacteurs avec auto-alimentation, relais de mesure.
- ✓ protection à maxima d'intensité : relais de mesure.
- ✓ protection à minima d'intensité: relais de mesure.
- ✓ protection contre des démarrages trop longs ou trop fréquents : contrôle de la durée d'une opération ; exécution différée d'un ordre : relais temporisateurs thermiques.

### **Généralités**

Tout récepteur peut être le siège d'un certain nombre d'incidents mécaniques ou électriques. Afin d'éviter que ceux-ci n'entraînent sa détérioration ainsi que celle de l'équipement automatique à contacteurs qui le commande et perturbent le réseau d'alimentation, il est indispensable de le protéger. C'est le rôle des relais de protection, et des fusibles dont le choix sera effectué en fonction de la protection souhaitée.

Parmi les incidents les plus fréquents pouvant se produire sur un moteur, citons :

### **Les incidents d'origine mécanique**

Calage, surcharge momentanée ou prolongée qui entraînent systématiquement une augmentation de l'intensité absorbée par le moteur, et par-là même un échauffement dangereux des bobinages. Lorsque la surcharge persiste, le moteur est détérioré et si la section de la ligne est adaptée à l'intensité absorbée et au service du moteur, les fils s'échauffent également, les isolants fondent et il y a risque d'incendie.

### **Les incidents d'origine électrique**

Surtension, chute de tension, déséquilibre des phases, manque de phase qui provoque également une augmentation du courant traversant les bobinages et le circuit d'alimentation.

Courts-circuits dont l'intensité peut dépasser le pouvoir de coupure du contacteur.

En conclusion, un appareil de protection doit lors d'une surcharge ou d'un court-circuit :

- ✓ Protéger la ligne
- ✓ Protéger l'organe de manœuvre (contacteur) au-delà de ses limites propres.
- ✓ Se protéger, sinon être associé à un dispositif pouvant le protéger lui-même.

Si le récepteur est un moteur :

- ✓ Permettre son démarrage compte tenu des pointes de courant résultant de la mise sous tension.
- ✓ Protéger efficacement le moteur en interdisant son fonctionnement pendant un temps trop long sous une intensité supérieure à son intensité nominale.

## 14.6 –F Dispositif de protection

Le coupe-circuit fusible, le parafoudre, le limiteur de tension...

### 14.6.1 Protection contre les courts-circuits

#### **Les coupe-circuits fusibles**

Les coupe-circuits assurent une protection phase par phase avec un pouvoir de coupure important sous un petit volume. Ils répondent aux prescriptions des normes en vigueur et se classent en deux catégories :

#### **Cartouches « distribution » type gI (gG nouvelles normes)**

Ces cartouches permettent à la fois la protection contre les courts-circuits et contre les surcharges pour les circuits ne présentant pas de pointes de courant importantes (ex. : chauffage). En général, le calibre de la cartouche doit être de la valeur immédiatement supérieure au courant de pleine charge du circuit protégé. Il faut tenir compte également de la section des conducteurs.

#### **Cartouches industrielles « moteur » type aM.**

Elles sont destinées à assurer seulement la protection contre les courts-circuits sur les appareils présentant de fortes pointes d'intensité comme les moteurs asynchrones ou les électro-aimants. Il est indispensable que la protection contre les surcharges soit assurée par un autre appareil (ex. relais thermique), à moins que ce risque ne soit exclu.

Associées à un relais thermique, elles assurent la protection des câbles à leur valeur d'utilisation optimale (1.04 In) d'où une économie sensible de cuivre.

En général, le calibre de la cartouche doit être de la valeur immédiatement supérieure au courant de pleine charge du circuit à protéger.

Cartouches cylindriques



8.5 x 31.5



10 x 38 HPC



14 x 51 HPC

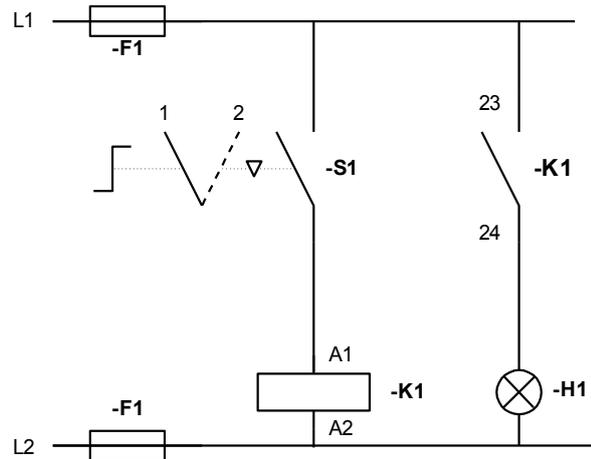


22 x 58 HPC

Cartouche à couteaux



Taille 3



Fusible	
Fusible à percuteur	

## 14.6.2 Protection contre les surcharges

### 14.6.2.1 Les relais thermiques

Utilisable en alternatif et continu, ils sont destinés à assurer une protection thermique contre les surcharges faibles et prolongées.

Les relais thermiques peuvent être :

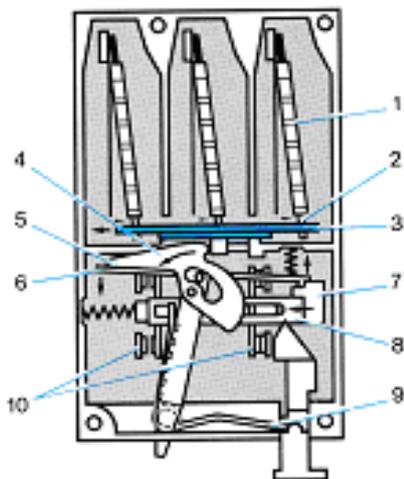
- ✓ Tripolaires : utilisation en triphasé mais également en monophasé et en diphasé.
- ✓ Compensés : insensible aux variations de la température ambiante.
- ✓ Différentiels : capables de détecter un déséquilibre ou une coupure de phase, donc, la marche en monophasé du moteur qu'ils protègent (fusion d'un fusible, coupure de l'une des phases alimentant le moteur).
- ✓ Gradués en « ampères moteurs » : affichage sur le relais et sans aucune correction de l'intensité indiquée sur la plaque signalétique du moteur.

### 14.6.2.2 Principe d'un relais thermique tripolaire

Chaque relais, comprend trois bilames. Un enroulement chauffant, raccordé en série avec chaque phase du moteur et dont la section est fonction du courant à contrôler, est bobiné sur chaque bilame et en provoque la déformation.

Lorsque, lors d'un incident, le courant absorbé par le récepteur augmente, les bilames se déforment et actionnent le dispositif différentiel dont le déplacement latéral ou vertical, suivant le modèle du relais, provoque la rotation d'une came ou d'un arbre solidaire du dispositif de déclenchement.

Quand l'amplitude de la déformation est suffisante, la pièce sur laquelle sont fixées les parties mobiles des contacts échappe à une butée de maintien, ce qui provoque l'ouverture brusque du contact de déclenchement inséré dans le circuit de la bobine du contacteur et la fermeture du contact de signalisation.



Lorsqu'un courant important parcourt les enroulements chauffants (1), les bilames (2) se déforment et les réglettes du différentiel (3) sont entraînées dans le sens de la flèche.

La came (4) est entraînée également et tourne autour de son axe. Le bord d'attaque de cette came (5) provoque la rotation du bilame de compensation (6), la butée de maintien (7) libérée laisse échapper la pièce mobile (8) qui est sollicitée par un ressort en épingle (9).

Les contacts (10) changent de position.

Sur cette figure, le relais est en position « armé », en attente de déclenchement.

Le réarmement ne peut s'effectuer que lorsque les bilames ont suffisamment refroidi.

La distance que doit parcourir la pièce pour échapper à la butée de maintien est fonction du courant de réglage affiché sur le relais et de la température ambiante du local dans lequel est placé celui-ci : d'où nécessité d'une correction par le bilame de compensation.

#### 14.6.2.3 Compensation en fonction de la température ambiante

Un bilame de compensation, indépendant des bilames principaux et soumis uniquement à la température de l'air ambiant, se déforme en fonction des variations de celui-ci.

Monté en position avec les bilames principaux, eux-mêmes influencés par les variations de la température ambiante, sa déformation compense celle de ces derniers. De ce fait, le déplacement que doit effectuer l'ensemble des éléments thermiques pour provoquer le déclenchement du relais est le même pour des variations de température comprises entre  $-40^{\circ}\text{C}$  et  $+60^{\circ}\text{C}$ .

#### 14.6.2.4 Dispositif de réglage

Le réglage s'effectue en modifiant à l'aide d'une came ou d'un bouton de réglage, la course angulaire que doit parcourir l'extrémité du bilame de compensation (6) ou le levier qui en est solidaire, pour échapper le dispositif d'accrochage (7) qui maintient le relais armé.

L'étiquette de réglage est graduée directement en courant moteur. Le courant limite de déclenchement est compris entre 1.05 et 1.20 fois cette valeur affichée définie par les normes. Un levier qui se déplace cran par cran face aux repères de l'étiquette permet de choisir l'intensité du courant de déclenchement.

#### 14.6.2.5 Dispositif différentiel

Le dispositif différentiel provoque le déclenchement du relais lorsque les courants traversant les 3 bilames ne sont pas identiques. Le déclenchement est d'autant plus rapide que la différence est grande.

Le système comporte deux réglettes dont le mouvement, solidaire de celui des bilames, en contrôle le déplacement.

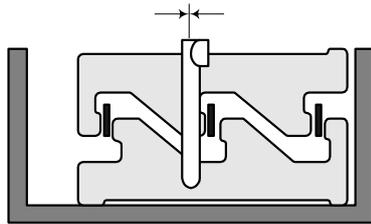
Celui-ci est retransmis, par l'intermédiaire d'un ou deux leviers, suivant les modèles, au dispositif de déclenchement du relais.

Les relais thermiques munis d'un dispositif différentiel ne doivent pas être utilisés sur des circuits déséquilibrés, notamment dans des circuits triphasés alimentant des récepteurs monophasés.

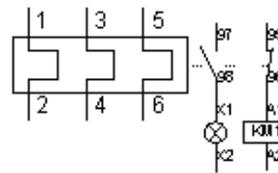
Dans ce cas, la mise en série de deux bilames annule l'effet du différentiel. Pour résoudre ce problème on fabrique des relais non différentiels.

### Dispositif différentiel.

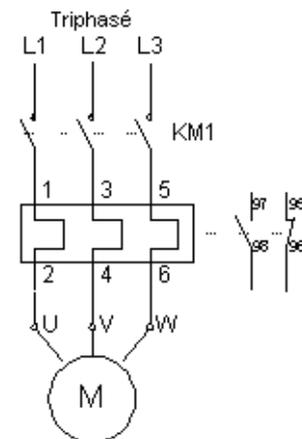
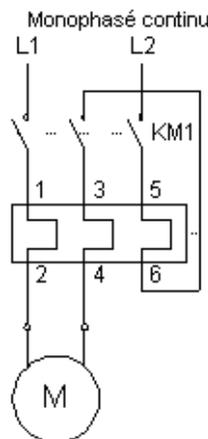
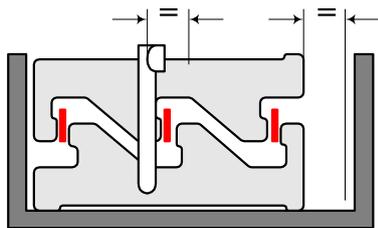
Position à froid



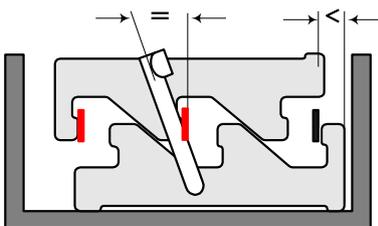
Voyant de signalisation et bobine de contacteur



Position à chaud fonctionnement équilibré



Position à chaud fonctionnement déséquilibré

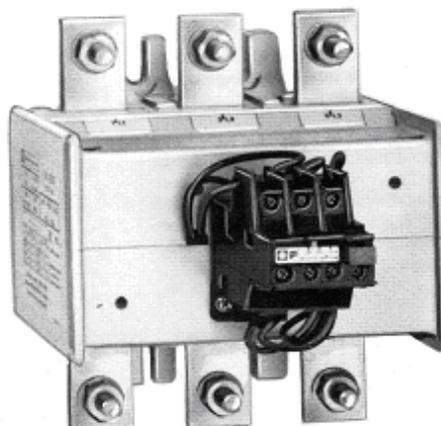
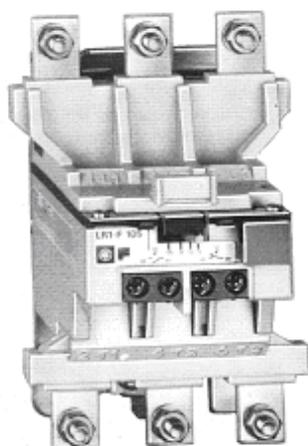
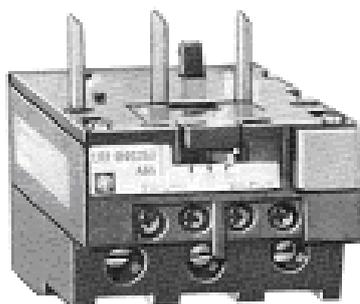


### 14.6.2.6 Dispositif de réarmement automatique

Il est généralement utilisé dans des équipements difficilement accessibles : aérothermes, groupes de climatisation, groupes frigorifiques montés sur camions autopompes, petits palans,...

Ces relais ne mémorisent pas le déclenchement thermique : ils se réarment automatiquement dès que le refroidissement des bilames équipant les éléments thermiques est suffisant.

Le redémarrage du moteur protégé étant subordonné au réarmement automatique du relais, il est impératif que la remise en marche inopinée de la machine entraînée soit exempte de tout risque pour le personnel qui l'utilise.



Dispositif de commande pour protection thermique par sondes à thermistances

Sonde à thermistances PTC



### 14.6.3 Règles générales de représentations des schémas

Un schéma montre comment les différentes parties d'un réseau, d'une installation, d'un ensemble d'appareils ou d'un appareil sont fonctionnellement reliées et connectées.

On utilise à cet effet des symboles, des traits, des repères.

#### **Schéma fonctionnel (ou de principe)**

C'est un dessin relativement simple, destiné à faire comprendre le fonctionnement d'un automatisme.

Il représente, par des symboles ou par des figures simples, une installation ou une partie d'installation avec ses interdépendances fonctionnelles, mais sans qu'il soit nécessaire de représenter toutes les liaisons de ces

éléments (le contact K1 a une liaison mécanique avec la bobine K1, puisqu'ils ont le même repère d'identification ; on ne représente donc pas cette liaison qui ne ferait qu'alourdir et compliquer le schéma).

Il explique le fonctionnement de l'équipement, fourni les bases d'établissement des schémas de réalisation, et facilite le dépannage.

La présentation d'un schéma sera la plus claire possible, pour faciliter la compréhension et la réalisation de l'équipement.

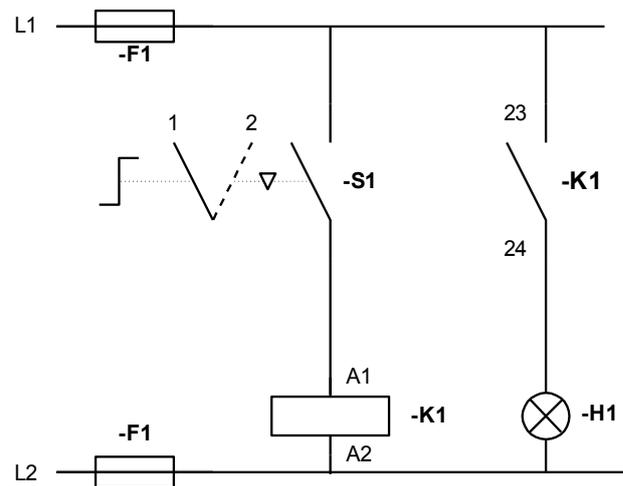
Le tracé des conducteurs sera rectiligne avec le moins possible de croisement et changement de direction.

Les schémas doivent être établis en supposant les appareils au repos (pas de tension ou de courant).

Les appareils doivent être représentés dans leur état initial (au repos) Si pour une raison ou l'autre, on s'écarte de ce principe, il faut le mentionner sur le schéma.

Un schéma peut être représenté :

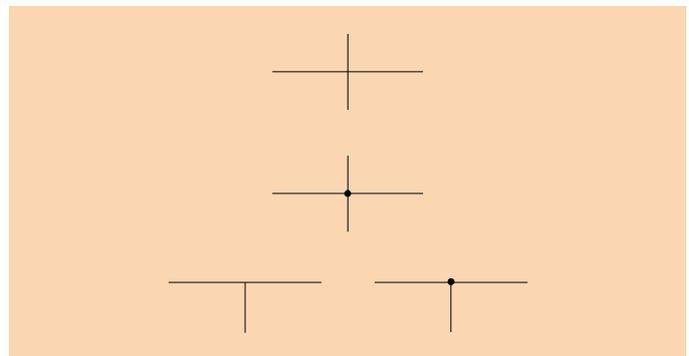
- ✓ Verticalement (ci-contre)
- ✓ Horizontalement



Croisement sans connexion.

Croisement avec connexion.

Dérivations.

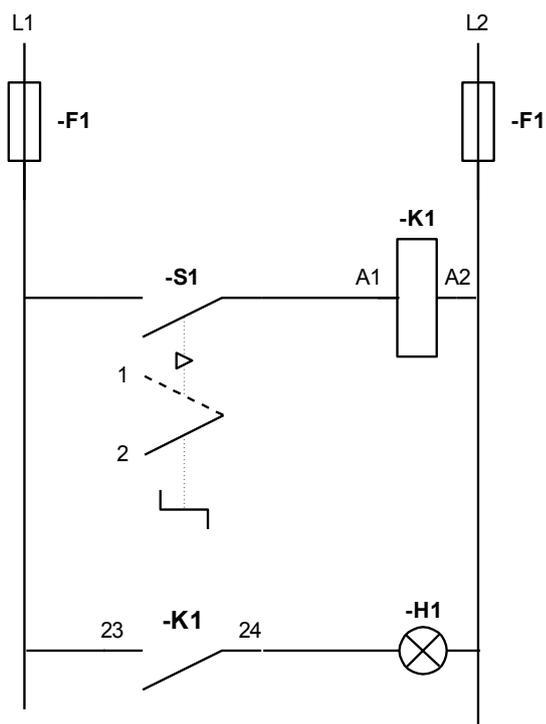


Les symboles des différents éléments d'un même appareil ou d'une même installation sont séparés et disposés de manière que le tracé de chaque circuit puisse être facilement suivi, que :

- ✓ l'appartenance à un appareil donné, de tous ses éléments apparaissent sans ambiguïté.
- ✓ l'emplacement d'un symbole sur le schéma puisse être aisément trouvé.

Les différentes opérations se suivent dans un ordre logique, de gauche à droite pour une représentation verticale et de haut en bas pour une représentation horizontale.

Représentation horizontale ou schéma échelle (lader)



Courant alternatif.	
Courant continu.	
Courant ondulé ou redressé.	
Courant alternatif triphasé 50 hertz.	3  50 Hz

## 14.6.4 Exercice 1 : Commande manuelle par interrupteur

---

Elle est réalisée à l'aide d'un interrupteur à deux positions stables (bistable).

Quand le contact se ferme, la bobine du contacteur est alimentée et ce dernier s'enclenche.

Le contacteur commande un témoin lumineux.

Lorsqu'une intervention manuelle ramène l'organe de commande de l'interrupteur à la position arrêt, le contacteur se relâche, le témoin lumineux s'éteint.

### Poste de travail

Tension d'alimentation : 220 V alternatif.

Fusibles gG 10 A.

Interrupteur (bouton tournant)

Relais 220 V alternatif.

Témoin 220 V.

### Réaliser le schéma

L1 \_\_\_\_\_

L2 \_\_\_\_\_

### Réaliser le câblage

Mesurez la tension aux bornes de la bobine..... = .....

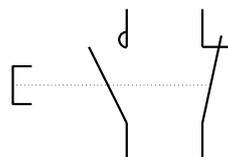
Mesurez l'intensité qui passe dans la bobine ..... = .....

## 14.7 –S Appareils mécaniques de connexion pour circuit de conduite

Auxiliaires manuels de commande : boutons poussoirs, interrupteurs de fin de course, de positions, de proximités, commutateurs, sélecteurs...

Un bouton poussoir à impulsion est un auxiliaire de commande, équipé d'un ou de plusieurs contacts NO ou NF avec rappel automatique à la position repos.

Le changement de position des contacts s'opère quand une pression est effectuée sur le poussoir de commande. Dès que cesse l'impulsion, les contacts reprennent leur position d'origine.



### Conventions :

Les commandes à action « pousser » ou « tirer » sont le plus souvent à retour automatique **sinon on indique le cas contraire.**

Les combinateurs, commutateurs, commandes rotatives, sont généralement sans retour automatique. **On indique aussi le cas contraire.**

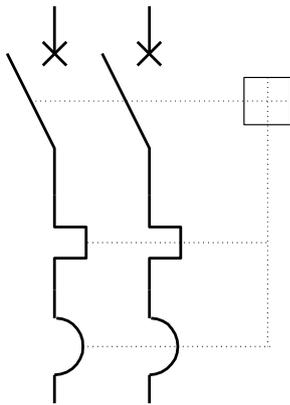
Interrupteur (symbole général) Il peut être commandé par :	
Commande mécanique manuelle.	
Retour automatique.	
Commande par poussoir (retour automatique)	
Commande par tirette (retour automatique)	
Commande par coup de poing.	
Commande par pédale	
Commande par thermique.	
Commande par levier.	

## 14.8 –O Appareils mécaniques de connexion pour les circuits de puissance

Disjoncteur, sectionneur.

### 14.8.1 Le disjoncteur

C'est un appareil mécanique de connexion capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit (faire office d'interrupteur) ainsi que d'établir, de supporter pendant une durée spécifiée et d'interrompre des courants dans des conditions anormales déterminées telles que celles des courants de court-circuit (fonction disjoncteur)



Les contacts peuvent servir d'interrupteur, ils sont capables de supporter des surintensités et des surtensions. Il est muni d'un système de **déclencheur** qui provoque son ouverture automatique.

Ce dispositif est commandé par :

- ✓ un déclencheur thermique
- ✓ un déclencheur magnétique.

Le déclencheur magnétique a un pouvoir de coupure capable d'interrompre des courants de court-circuit.

Il existe une liaison mécanique entre chaque déclencheur et le système provoquant l'ouverture des contacts.

**Pouvoir de coupure** - Pour un disjoncteur, c'est la valeur du courant la plus élevée (ex. : en cas de court-circuit) qu'il est capable d'interrompre sans détérioration excessive sous une tension donnée et dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement. Il s'exprime généralement en ampères ou en kilo ampères. Les contacteurs, les interrupteurs ont également un pouvoir de coupure.

**Intensité nominale ( $I_n$ )** - C'est l'intensité maximum que l'appareil peut supporter dans des conditions déterminées d'échauffement et de fonctionnement. Sa valeur figure dans la désignation de l'appareil (souvent indiquée sur l'appareil même).

**Tension nominale** - C'est la tension qui figure dans la désignation d'un appareil et d'après laquelle sont déterminées les tensions limites d'utilisation de cet appareil. Le disjoncteur est utilisé pour toute la protection de la distribution et la répartition de l'énergie.

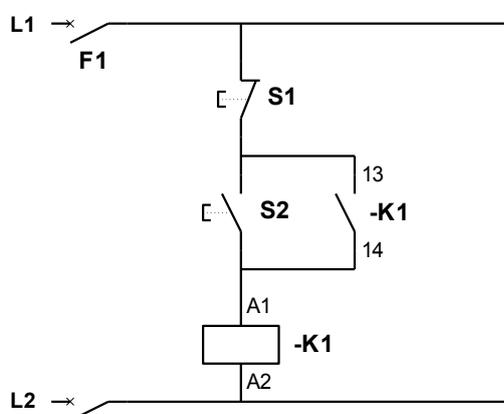
## 14.8.2 Le sectionneur

C'est un appareil qui permet d'effectuer la mise hors tension d'une installation en séparant la partie installation de toute source d'énergie. Il n'a pas de pouvoir de coupure, il ne peut donc être manœuvré en charge. Il a pour but d'isoler une partie du circuit pour en permettre la visite et l'entretien en toute sécurité.

La différence entre un interrupteur et un sectionneur c'est que le premier a un dispositif de rupture brusque donnant à la coupure une faible durée quelle que soit la vitesse de manœuvre de la poignée.

Disjoncteur	
Sectionneur	
Sectionneur à fusible.	

## 14.8.3 Commande manuelle par bouton poussoir Marche – Arrêt



L1 et L2 = désignation des phases.

F1 = disjoncteur du circuit de commande.

S1 = bouton d'arrêt.

S2 = bouton marche.

K1 = contact de maintien.

13 / 14 = numéro des bornes du contact de maintien

K1 = bobine du relais.

A1 et A2 = désignation des bornes de la bobine

### **Fonctionnement du circuit**

En actionnant le bouton Marche S2, le courant s'établit et la bobine est alimentée, elle ferme le contact NO 13/14 de K1. La bobine K1 auto alimentée par son contact 13/14 (contact de maintien) on peut dès lors relâcher le bouton S2, la bobine reste alimentée.

Pour arrêter le fonctionnement, on ouvre le circuit en actionnant le bouton d'arrêt S1, la bobine n'est plus alimentée, le contact 13/14 de K1 s'ouvre. Quand on relâche S1 la bobine n'est plus alimentée, car le circuit est ouvert par S2 et le contact 13/14. Le système est à l'arrêt.

### **Avantage du montage**

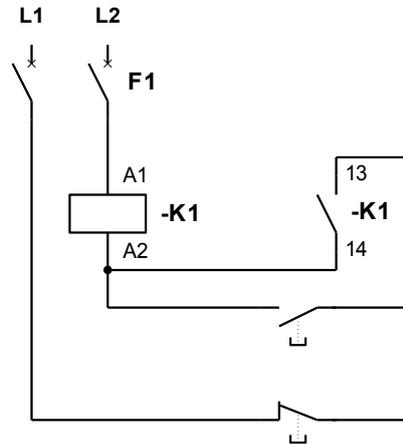
En cas de coupure du courant, le système se met à l'arrêt et il faut une nouvelle action sur le bouton marche pour redémarrer lorsque le courant est rétabli.

Le système ne peut redémarrer seul, ce qui était le cas pour une commande par interrupteur.

Ce montage permet de réaliser des commandes à distance.

Ce montage permet des commandes sous des tensions différentes de la puissance.

### Schéma multifilaire



## 14.9 -K... T Relais temporisés



Il existe des blocs pneumatiques qui s'accrochent à l'avant du relais ou du contacteur.

Il y a 2 sortes de temporisation :

- ✓ au travail ou à l'enclenchement (tête bleue),
- ✓ au repos ou au déclenchement (tête noire)

Chaque bloc temporisateur dispose de 2 contacts, un NO et un NF.

Graphique de fonctionnement des contacts temporisés au travail et au repos.

Bobine du relais  
ou du contacteur



Enclenché  
déclenché

Temporisé à  
l'enclenchement



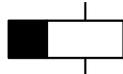
Enclenché  
Déclenché



Enclenché  
déclenché



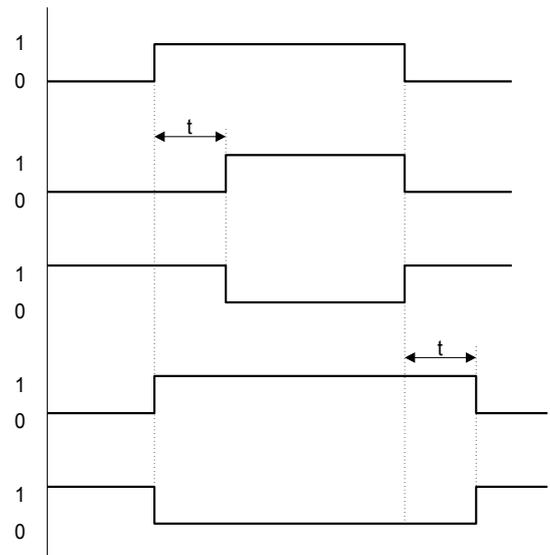
Temporisé au  
déclenchement

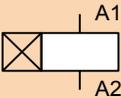
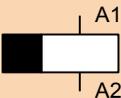


Enclenché  
déclenché



Enclenché  
déclenché



Bobine de commande de temporisation à l'enclenchement.	
Contact NF temporisé à l'enclenchement.	
Contact NO temporisé à l'enclenchement.	
Bobine de commande de temporisation au déclenchement.	
Contact NF temporisé au déclenchement.	
Contact NO temporisé au déclenchement.	

### 14.9.1 Principe de fonctionnement d'un relais d'automatisme temporisé

Contrairement aux contacts instantanés qui changent de position dès la fermeture ou l'ouverture du relais, les contacts auxiliaires temporisés s'ouvrent ou se ferment au bout d'un certain temps en fonction de la durée de la temporisation désirée. Suivant les schémas à réaliser, la temporisation doit pouvoir s'effectuer soit à la fermeture du circuit magnétique (temporisation au travail), soit lors de son ouverture (temporisation au repos).

#### **Temporisation au travail**

Lors de la fermeture du relais les contacts temporisés ne basculent qu'à la fin du déroulement de la temporisation sélectionnée. A l'ouverture du relais, ils reprennent instantanément leur position d'origine.

#### **Temporisation au repos**

Lors de la fermeture du relais, les contacts basculent instantanément. A l'ouverture, ils reprennent leur position d'origine après l'écoulement du temps déterminé par la temporisation réglée.

#### 14.9.1.1 Temporisateur du type pneumatique

Le temporisateur pneumatique forme un bloc composé de son élément de temporisation pneumatique et de contacts qui peuvent être ouverts, fermés ou inverseurs. Ce bloc s'accroche mécaniquement sur le relais auxiliaire. Dans ce système de temporisation, l'air est recyclé, ce qui permet d'obtenir des produits insensibles aux éventuelles pollutions ambiantes.

### 14.9.1.2 Principe de fonctionnement d'une temporisation au repos

#### **Armement du temporisateur**

En se fermant, le circuit magnétique de commande comprime le ressort A et la membrane. L'air contenu dans la chambre B est chassé dans la chambre C par l'orifice D qui s'ouvre un court instant. Les contacts basculent instantanément.

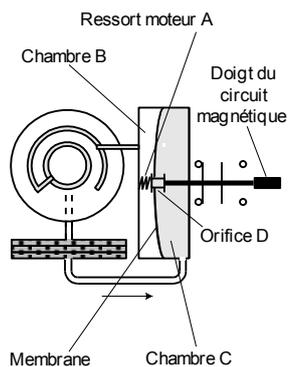
#### **Début de la temporisation**

Lorsque le circuit de commande s'ouvre, le ressort A repousse la membrane, créant une dépression dans la chambre B. L'air de la chambre C revient dans la chambre B en passant à travers un filtre en métal fritté. Sa vitesse d'écoulement est réglée par un sillon de longueur variable, ménagé entre deux disques. La temporisation résulte de la variation de position relative des deux disques, obtenue au moyen du bouton de réglage.

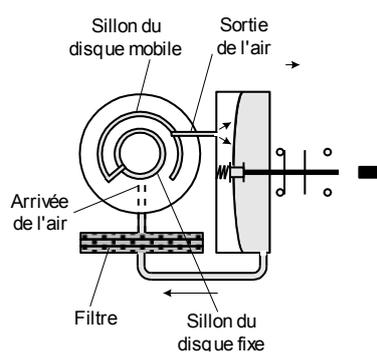
#### **Fin de la temporisation**

En fin de course retour, le contact temporisé bascule et revient à sa position d'origine.

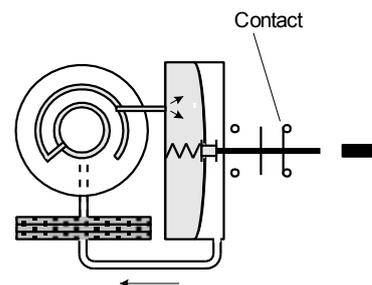
##### Armement du temporisateur



##### Début de la temporisation



##### Fin de la temporisation



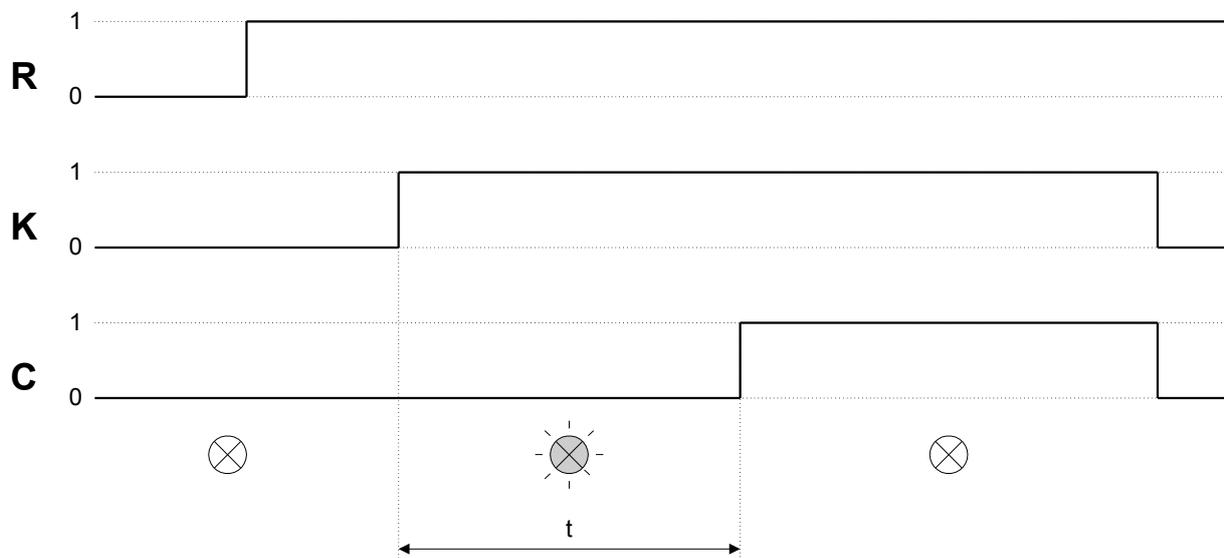
### 14.9.1.3 Temporisateur du type électronique

Un compteur programmable (circuit intégré à faible consommation) compte les impulsions issues d'un oscillateur, réglable par un potentiomètre situé sur la face avant de l'appareil, après la fermeture (ou l'ouverture) du contact de commande.

Dès que le nombre d'impulsions est atteint, il génère un signal de commande à une sortie statique (thyristor à grande sensibilité).

Suivant le modèle, la sortie du thyristor alimente un relais équipé de contact « NO/NF » ou est raccordée directement en série (moyennant certaines précautions) avec la charge dont il faut retarder la mise sous tension ou hors tension.

Diagramme séquentiel d'un temporisateur électronique au travail.



Le réseau R doit être sous tension.

La fermeture de l'interrupteur K initialise la temporisation t affichée et provoque simultanément l'allumage du voyant V intégré à l'appareil.

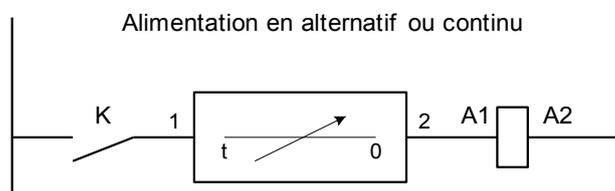
Après l'écoulement du temps t affiché, la charge C est mise sous tension et le voyant s'éteint.

La charge C reste sous tension jusqu'à l'ouverture de l'interrupteur ou à la disparition de la tension du réseau R

Le réseau R doit être sous tension.

La fermeture de l'interrupteur K initialise la temporisation t affichée et provoque simultanément l'allumage du voyant V intégré à l'appareil.

Après l'écoulement du temps t affiché, la charge C est mise sous tension et le voyant s'éteint. La charge C reste sous tension jusqu'à l'ouverture de l'interrupteur ou à la disparition de la tension du réseau R



Le temporisateur est placé en série avec d'une part la charge dont on désire retarder la mise sous tension, et d'autre part l'interrupteur K. Le réseau peut être indifféremment alternatif ou continu et sa tension comprise entre 24 V et 240 V.

## 14.9.2 Exercice 2 : Commande manuelle par boutons poussoirs Marche-Arrêt

Le relais K commande un témoin lumineux.

### Poste de travail.

Tension d'alimentation : 220 V alternatif.

Disjoncteur bipolaire 10 A.

Boutons poussoirs Marche-Arrêt

Relais 220 V alternatif.

Témoin 220 V.

### Réalisez le schéma

L1



L2



### Réalisez le câblage

Mesurez la tension aux bornes de la bobine..... = .....

Mesurez l'intensité qui passe dans la bobine ..... = .....

Calculez la valeur de l'impédance de la bobine..... = .....

Mesurez la valeur de la résistance de la bobine..... = .....

Calculez la valeur du coefficient de self de la bobine ..... = .....

### 14.9.3 Exercice 3 : Commande manuelle de l'allumage d'une lampe avec retard

Action sur le bouton poussoir Marche, le relais s'enclenche et après 15 secondes la lampe s'allume.

Action sur le bouton poussoir Arrêt la lampe s'éteint immédiatement.

#### Poste de travail.

Tension d'alimentation : 220 V alternatif.

Disjoncteur bipolaire 10 A.

Boutons poussoirs Marche-Arrêt

Relais 220 V alternatif.

Une temporisation retard à l'enclenchement.

Témoin 220 V.

#### Réalisez le schéma

L1



L2



#### Réalisez le câblage

## 14.10 Repérage de bornes de raccordement des appareils

### Impédances (bobine, voyants,...)

Les repères sont alphanumériques, la lettre étant placée en première position :

- ✓ bobine de commande d'un contacteur : A1 et A2
- ✓ bobine de commande à 2 enroulements d'un contacteur : A1 et A2, B1 et B2.

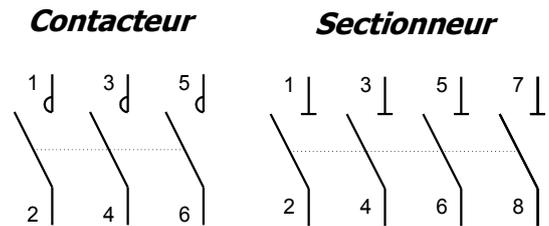


### Contacts principaux

Les bornes sont repérées par un seul chiffre :

- ✓ De 1 à 6 en tripolaire
- ✓ De 1 à 8 en tétrapolaire
- ✓ De 1 à 10 en pentapolaire.

Les chiffres impairs sont placés en haut et la progression s'effectue de haut en bas et de gauche à droite.



### Contacts auxiliaires

Les bornes des contacts auxiliaires sont repérées par des nombres de deux chiffres.

Les chiffres des unités indiquent la fonction du contact

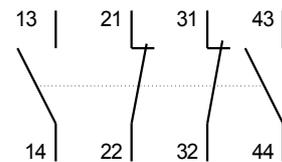
- ✓ 1 et 2 : Contact d'ouverture ou NF
- ✓ 3 et 4 : Contact de fermeture ou NO.

Les contacts auxiliaires sont destinés à assurer l'auto-alimentation (maintien), les asservissements, les verrouillages des contacteurs dans les équipements.

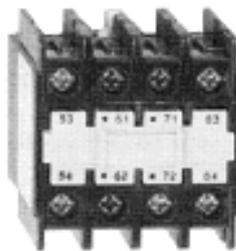
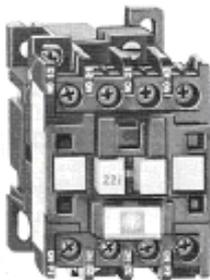
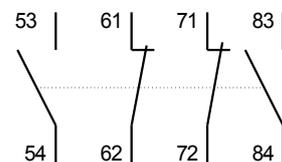
Ces contacts sont prévus, comme pour les relais, pour une intensité de 10 A maximum et peuvent être montés en nombre variable sur les contacteurs.

Ces contacts auxiliaires s'accrochent généralement à l'avant du relais ou du contacteur. Il existe également des blocs de contacts auxiliaires qui s'accrochent latéralement.

### Contacts d'un relais



### Bloc de contact qui se rajoute sur l'avant d'un relais



### 14.10.1 Exercice 4 : Commande manuelle de l'extinction d'une lampe avec retard

Action sur le bouton poussoir Marche, le relais s'enclenche et la lampe s'allume.

Action sur le bouton poussoir Arrêt la lampe reste encore allumée pendant 5 secondes.

#### Poste de travail

Tension d'alimentation : 220 V alternatif.

Disjoncteur bipolaire 10 A.

Boutons poussoirs Marche-Arrêt

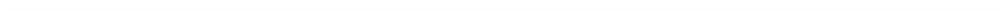
Relais 220 V alternatif.

Une temporisation retard au déclenchement.

Témoin 220 V.

#### Réalisez le schéma

L1



L2



#### Réalisez le câblage

## 14.10.2 Exercice 5a : Les temporisations

---

Action sur le bouton poussoir Marche, une lampe s'allume.

Après 5 secondes, la deuxième lampe s'allume.

Après 5 secondes, la troisième lampe s'allume.

### Poste de travail

Tension d'alimentation : 220 V alternatif.

Disjoncteur bipolaire 10 A.

Boutons poussoirs Marche-Arrêt

Relais 220 V alternatif.

Temporisation.

Témoin 220 V.

### Réalisez le schéma

L1



L2



### Réalisez le câblage

### 14.10.3 Exercices 5b : Les temporisations

Action sur le bouton poussoir Marche, une lampe s'allume.

Après 5 secondes, la deuxième lampe s'allume.

Après 5 secondes, la troisième lampe s'allume.

Après 5 secondes, toutes les lampes s'éteignent.

#### Poste de travail

Tension d'alimentation : 220 V alternatif.

Disjoncteur bipolaire 10 A.

Boutons poussoirs Marche-Arrêt

Relais 220 V alternatif.

Temporisation.

Témoin 220 V.

#### Réalisez le schéma

L1



L2



#### Réalisez le câblage

## 14.10.4 Exercice 5c : Le chenillard

Action sur le bouton poussoir Marche, une lampe s'allume.

Après 5 secondes, elle s'éteint et la deuxième lampe s'allume.

Après 5 secondes, la deuxième s'éteint et la troisième lampe s'allume.

Après 5 secondes, la troisième lampe s'éteint.

Après 5 secondes, la première lampe se rallume, etc.

### Poste de travail

Tension d'alimentation : 220 V alternatif.

Disjoncteur bipolaire 10 A.

Boutons poussoirs Marche-Arrêt

Relais 220 V alternatif.

Temporisation.

Témoin 220 V.

### Réalisez le schéma

L1



L2



### Réalisez le câblage

## 14.10.5 Exercice 6 : Réalisation d'une centrale clignotante

Action sur le bouton poussoir Marche, une lampe s'allume.

Après 5 secondes elle s'éteint et une deuxième lampe s'allume.

Après 5 secondes, la deuxième lampe s'éteint et la première se rallume. Etc.

### Poste de travail

Tension d'alimentation : 220 V alternatif.

Disjoncteur bipolaire 10 A.

Boutons poussoirs Marche-Arrêt

Relais 220 V alternatif.

Temporisation retard à l'enclenchement ou au déclenchement.

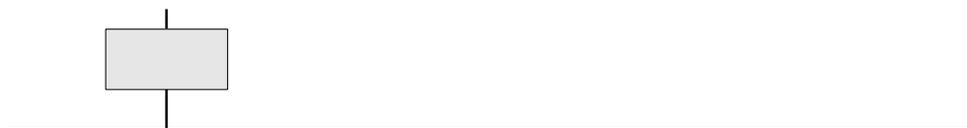
Témoin 220 V.

### Réalisez le schéma

L1



L2



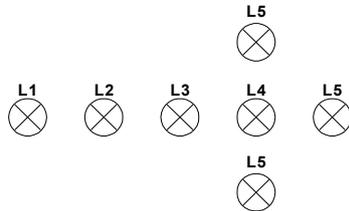
### Réalisez le câblage



### 14.10.6 Exercice 7 : Flèche 1

Les lampes L1, L2, L3, L4 s'allument de seconde en seconde ensuite les 3 lampes L5 s'allument.

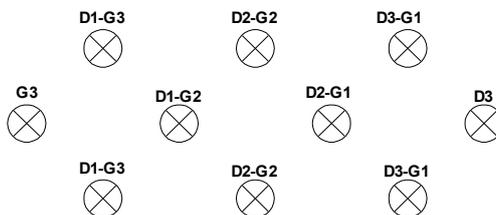
Quand tout est allumé, l'ensemble clignote 3 fois puis le système recommence.



### 14.10.7 Exercice 8 : Flèche 2

Les lampes D1 s'allument, une seconde après les lampes D2 s'allument les lampes D1 s'éteignent, idem avec les lampes D3 puis le cycle recommence indéfiniment.

Prévoir le changement de sens à l'aide d'une commande par BP, en utilisant les lampes G.



### 14.10.8 Exercice 9 : Carrefour lumineux

Première séquence du carrefour rouge partout pendant 1 seconde.

Deuxième séquence : rouge/vert (4 secondes)

Troisième séquence : rouge orange.

Quatrième séquence : rouge partout.

Cinquième séquence : vert/rouge.

Sixième séquence : orange/rouge puis le cycle recommence.

## 15 Les régimes de neutre

### 15.1 Protection contre l'électrocution par contact indirect

La sécurité absolue des personnes contre les risques électriques n'existe pas. Dès que l'on met en œuvre des machines électriques, il y a des risques de défaut d'isolement.

Tout est affaire de compromis ; ou bien on favorise la sécurité au maximum, et au moindre incident la production s'arrête ou bien on favorise la production à outrance et il y a danger pour les personnes.

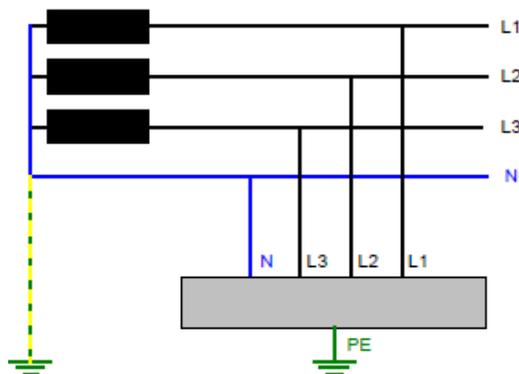
C'est ce qui détermine le choix du **régime de neutre**.

Il y a quatre sortes de régime de neutre.

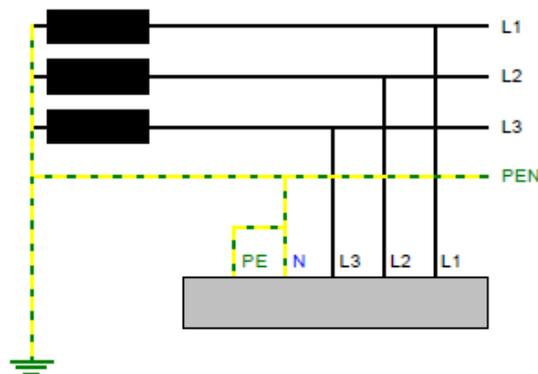
**TT                      TN - C                      TN - S                      IT**

Ils sont désignés par des sigles :

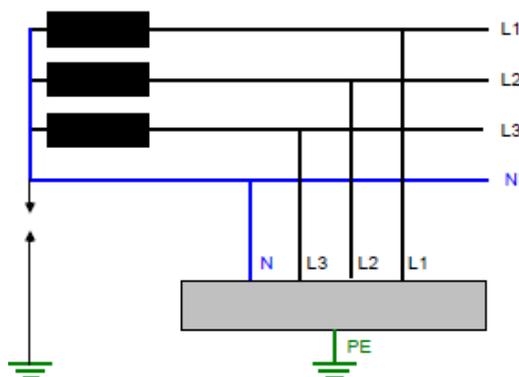
Neutre à la terre TT		Mise au neutre TN existant en 2 variantes TN-C et TN-S		Neutre isolé IT	
Première lettre	Situation de l'alimentation par rapport à la terre.				
T	Liaison directe d'un point avec la terre.				
I	Isolation de toutes les parties actives par rapport à la terre, soit liaison d'un point à la terre à travers une impédance.				
Deuxième lettre	Situation des masses de l'installation par rapport à la terre.				
T	Masses reliées directement à la terre.				
N	Masses reliées directement au point de l'alimentation mis à la terre (le neutre du transfo)				
Autres lettres	Situation du conducteur de neutre et du conducteur de protection.				
S	Le conducteur neutre et le conducteur de protection sont séparés (2 conducteurs PE et N)				
C	Les conducteurs neutres et de protection sont combinés (1 seul conducteur PEN)				



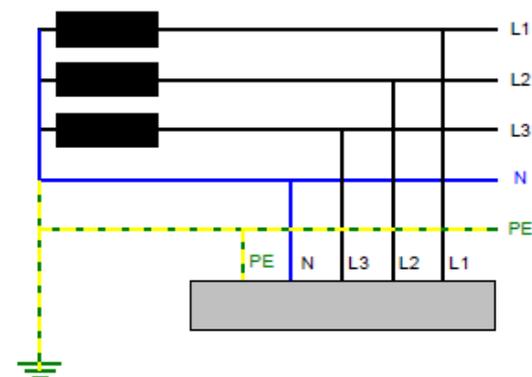
Réseau TT



Réseau TN - C



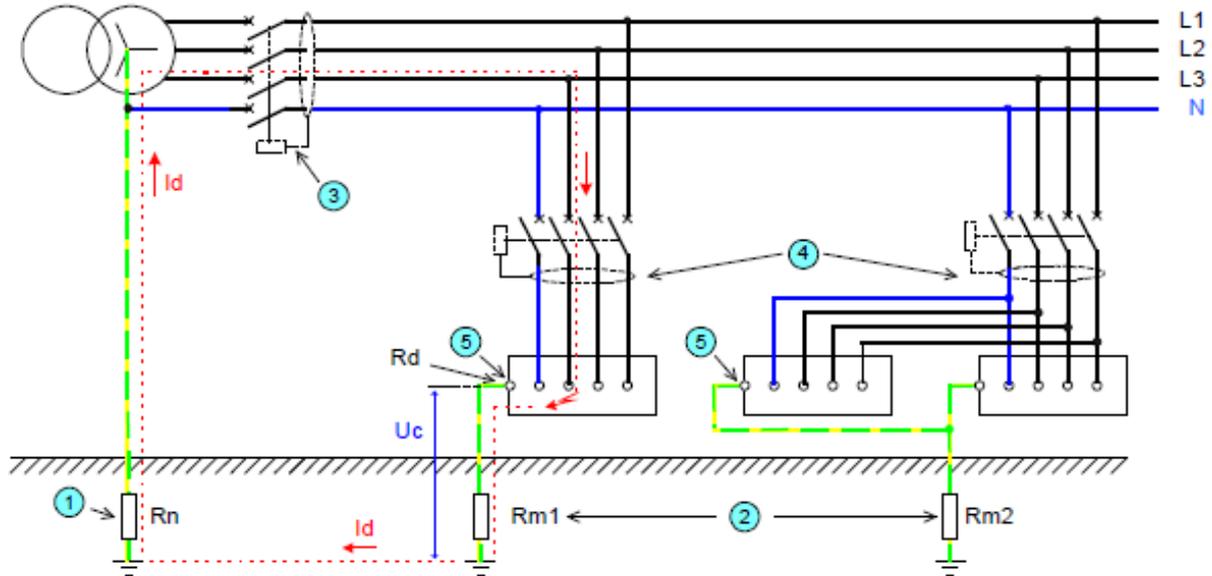
Réseau IT



Réseau TN - S

## 15.2 Réseau IT

- ① Prise de terre du neutre  $R_n$
- ② Prise de terre des masses séparées :  $R_{m1}$  -  $R_{m2}$
- ③ Protection différentielle générale
- ④ Protection différentielle par groupe de masses interconnectées
- ⑤ Mise à la terre des masses



L'apparition d'un défaut d'isolement entraîne une élévation dangereuse du potentiel des masses.

Exemple :

Soit  $R_n = 20 \Omega \Rightarrow R_{m1} = 30 \Omega \Rightarrow R_d = 0 \Omega \Rightarrow$  le tout est protégé par un disjoncteur de 16 A

$$I_d = \frac{U}{R_n + R_m + R_d} \Rightarrow I_d = \frac{220}{20 + 30 + 0} = 4.4 \text{ A}$$

**Le disjoncteur de 16 A ne déclenche pas**

$$U_c = R_{m1} \times I_d = 30 \times 4.4 = 132 \text{ V} \quad \Leftarrow \quad \text{C'est un potentiel mortel !}$$

*Cela implique donc que l'installation soit pourvue d'un dispositif de coupure au 1<sup>o</sup> défaut.*

En pratique, il est réalisé à l'aide d'un dispositif différentiel dont la sensibilité est déterminée :

- En fonction de la tension limite conventionnelle, égale à 12 - 25 ou 50 V selon la nature du local
- En fonction de la résistance de la prise de terre des masses  $R_m$  selon la formule :  $UL / R_m$

$$\text{Exemple de choix du différentiel } I_{\Delta n} \leq \frac{UL}{R_m}$$

$$\text{Si } UL = 50 \text{ V} \Rightarrow I_{\Delta n} = \frac{UL}{R_m} = \frac{50}{30} = 1.6 \text{ A}$$

C'est le seuil du différentiel pour avoir un déclenchement (dans l'industrie les différentiels sont réglables).

On choisira un différentiel de 300 mA avec un  $I_n = 40 \text{ A}$ , une résistance aux courts-circuits  $I_{cc} = 3 \text{ ou } 6 \text{ kA}$ , un pouvoir de coupure =  $10 \times I_n$  : avec un minimum de 500 A, le temps de coupure < 25 ms

$$I_d = 4.4 \text{ A} \Rightarrow I_{\Delta n} = 0.3 \text{ A} \Rightarrow I_d > 10 I_{\Delta n}$$

Pouvoir de coupure (pdc) = courant de court-circuit que peut couper le différentiel.

Résistance aux courts-circuits = courant de court-circuit que peut supporter le différentiel.

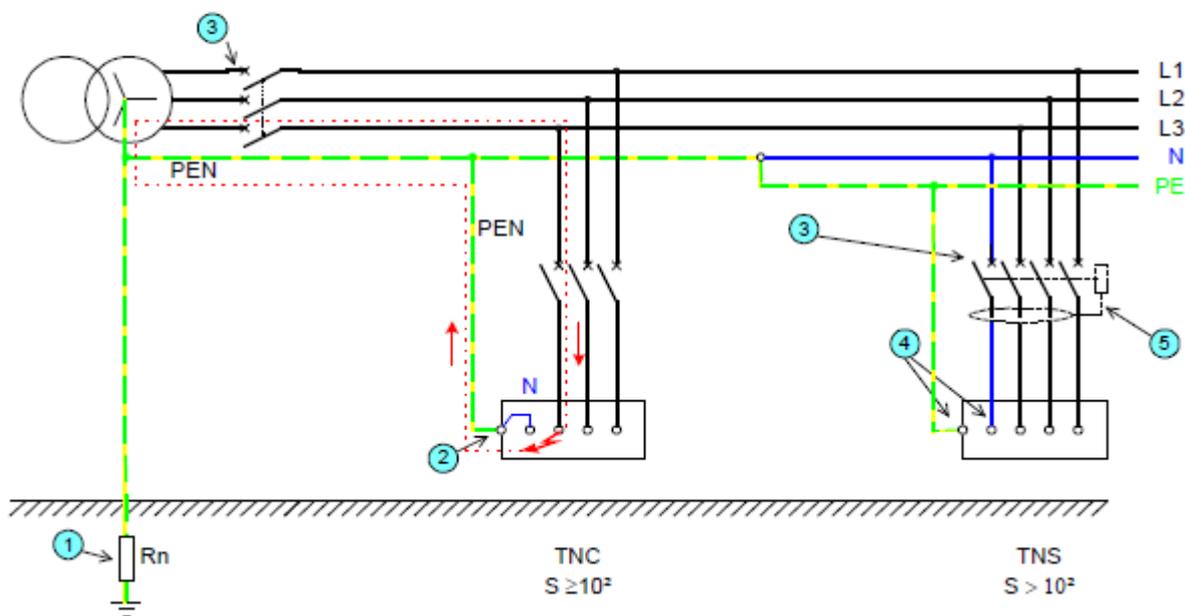
*Il se calcule en fonction de l'emplacement dans l'installation, c'est le calcul de  $I_{cc}$  en un point du circuit.*

Cette solution, évite une surveillance permanente de l'installation, permet la prévention des risques d'incendie (pour  $I_{\Delta n} \leq 300$  mA) provoque une coupure dès l'apparition d'un défaut et facilite ainsi sa recherche.

Il est d'autre part possible, grâce à la sélectivité, d'éviter la coupure générale de l'installation.

### 15.3 Réseau TN

- ① Prise de terre du neutre  $R_n$
- ② Masses reliées au PEN (TN-C)
- ③ Coupure au premier défaut par fusibles ou disjoncteurs
- ④ PE et neutre (N) séparés
- ⑤ Protection différentielle et coupure du neutre possible



Ce schéma présente deux aspects :

■ TN - C : Conducteur neutre et de protection, communs **PEN**

l'apparition d'un défaut d'isolement se traduit par un court-circuit phase-neutre ceci implique qu'il y a lieu d'assurer la continuité permanente du conducteur **PEN**, pour prévenir le risque de coupure, l'utilisation de ce schéma est limitée aux lignes de section

$$Cu^3 \geq 10^2 \text{ et } alu^3 \geq 16^2$$

Les dispositifs de protection contre les surintensités assurent la protection contre les contacts indirects à condition de respecter l'inégalité suivante :

$$I_f < I_d \quad \text{ou} \quad I_{rm} < I_d$$

$I_f$  = courant de fusion

$I_{rm}$  = courant de réglage magnétique (pour disjoncteur)

$I_d$  = courant de défaut  $I_d$  étant =  $U_o / Z_d$

$U_o$  = tension phase / neutre

$Z_d$  = impédance de la boucle de défaut

■ TN - S : Conducteur neutre N et de protection **PE** séparés

Ce schéma est à utiliser dans tous les cas où le schéma **TNC** ne peut convenir :

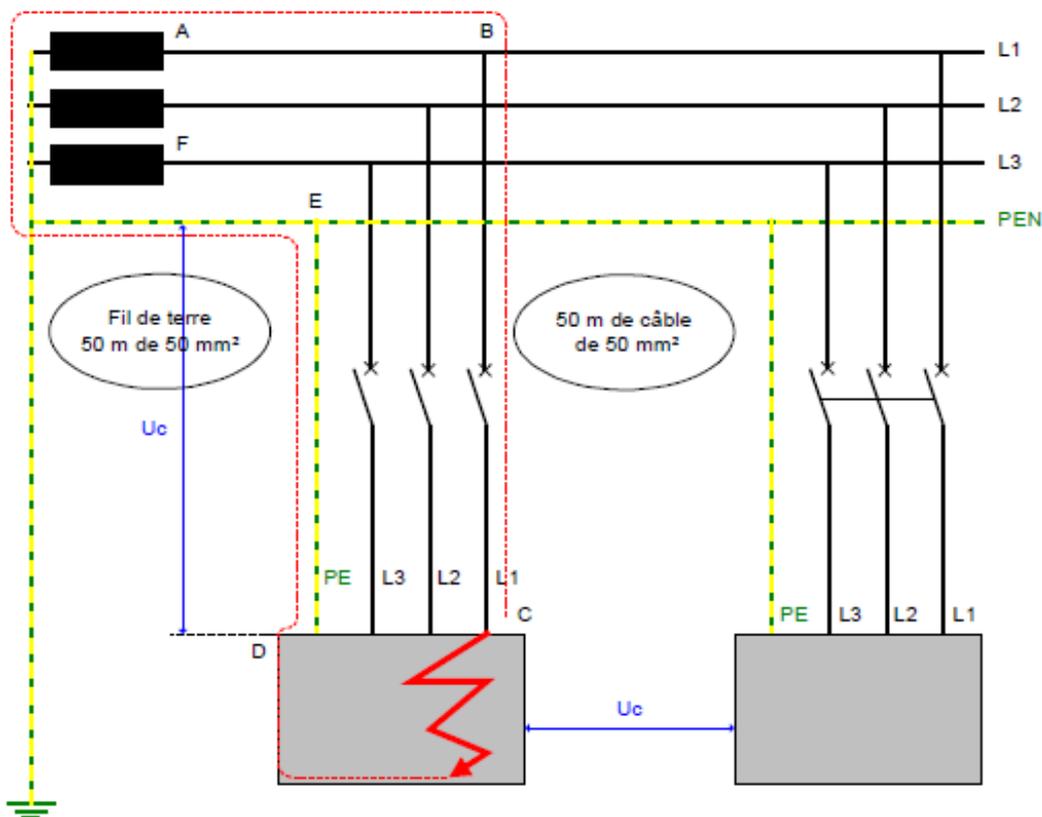
- circuits de section  $Cu < 10^2$  -  $alu < 16^2$
- dans les zones à risque d'explosion ou d'incendie
- lorsque l'impédance de la boucle de défaut ( $Z_d$ ) est indéterminée (récepteurs mobiles)

En pratique, des tableaux permettent de déterminer la longueur maximale d'une ligne de section donnée qui, équipée à son origine d'un dispositif de protection contre les surintensités, assure aussi la protection contre les contacts indirects.

La solution la plus efficace consiste à utiliser des dispositifs différentiels à courant résiduel. En conclusion : Schéma réservé aux installations du secteur tertiaire - industrie, à poste privé ; en TN-C, il permet une économie (conducteur et pôle) mais nécessite de vérifier le déclenchement au 1° défaut lors de la conception puis de la mise en œuvre.

### 15.3.1 Conséquence d'un défaut d'isolement dans un schéma TN

#### 15.3.1.1 La tension de contact $U_c$



$V_{BE}$  = Tension entre phase et neutre = 220 V pour un réseau 380 / 220 V

$U_c = V_{DE}$  (si une phase est à la masse et que les masses sont mises au potentiel du neutre)

$U_c = Z_d \times I_d$  (impédance de défaut x le courant de défaut)

$Z_d$  = Impédance de la boucle BCDE .....

$Z_d$  = deux fois la résistance du conducteur entre B et C (le conducteur de phase et de protection)

$$Z_d = 2\rho \frac{\ell}{S} = \frac{2 \times 22.5 \times 10^{-9}}{50 \times 10^{-6}} = 0.045 \Omega \quad \left| \begin{array}{l} \rho \ 22.5 \times 10^{-9} \ \Omega m \ (la \ température \ augmente \ \rho \ de \ plus \ de \ 25 \ \%) \\ 50 \ mm^2 = 50 \times 10^{-6} \ m^2 \end{array} \right.$$

$$I_d = \frac{V_{BE}}{Z_c} = \frac{220}{0.045} = 4\ 888A \quad \Rightarrow \quad \text{La protection magnéto thermique fonctionnera sûrement}$$

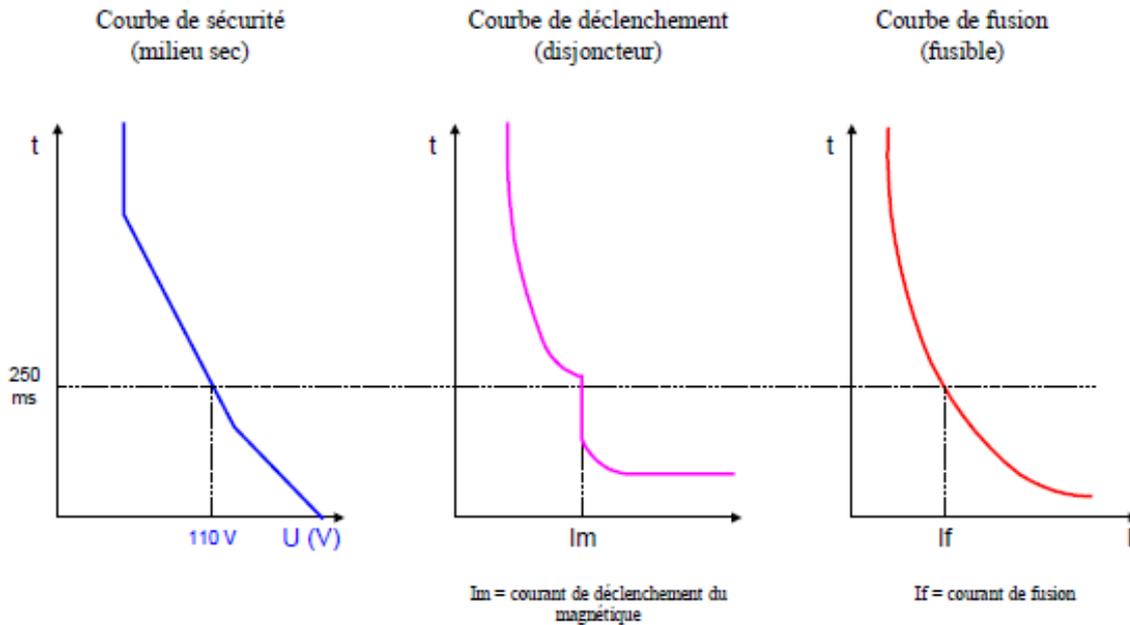
**Mais qu'en est-il de la tension de contact ?**

$$U_c = V_{DE} = \frac{Z_d}{2} I_d = \frac{0.045}{2} 4\ 888 = 110 \ V$$

$$U_c = \frac{V_{BE}}{2} = 110 \ V \quad \Rightarrow \quad \text{Tension de contact dangereuse !}$$

Sur la courbe de sécurité en milieu sec, pour une tension de défaut de 110 V la protection doit fonctionner en 250 ms maximum.

### 15.3.2 Conditions de protection dans un réseau TN



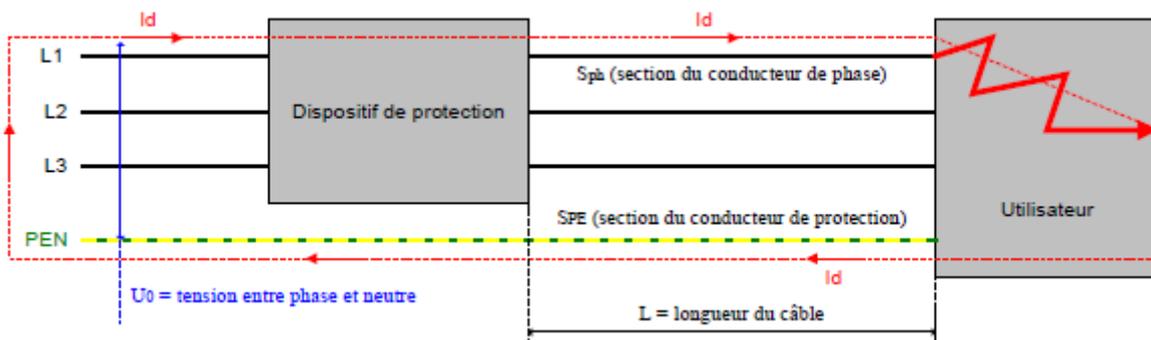
Si pour une tension de contact de 110 V, la protection par disjoncteur ou par fusible doit fonctionner en moins de 250 ms, il faut que :

$$I_d \text{ (courant de défaut)} = \frac{U_c}{Z_d}$$

$Z_d$  = impédance de la boucle de défaut (elle dépend de la longueur du câble)

Il faut que  $Z_d < \frac{U_c}{I_m \dots \text{ou} \dots I_f}$

### 15.3.3 Méthode simplifiée d'un calcul de la longueur maximale d'un câble



$U_0$  = résistance de la boucle de défaut ( $Z_d$ ) x courant de défaut ( $I_d$ )

$$U_0 = \left( \rho \frac{\ell}{S_{ph}} + \rho \frac{\ell}{S_{PE}} \right) I_d$$

$$L_{max} = \frac{U_0 \times S_{ph}}{\rho (1 + m) I_m (I_f)}$$

Avec  $m = \frac{S_{ph}}{S_{PE}}$   
 $\rho = 0.018$  à 20°C  
 $\rho = 0.0225$  pour courant de court-circuit  
 La température augmente de plus de 25 %

Que faire si la longueur de câble est supérieure à la longueur maximale ?

- Augmenter les sections du câble, du conducteur de protection ou bien des deux.
- Diminuer le seuil de déclenchement du magnétique du disjoncteur
- Installer un disjoncteur différentiel
- Placer des liaisons équipotentielles supplémentaires ce qui revient à augmenter la section du PE.

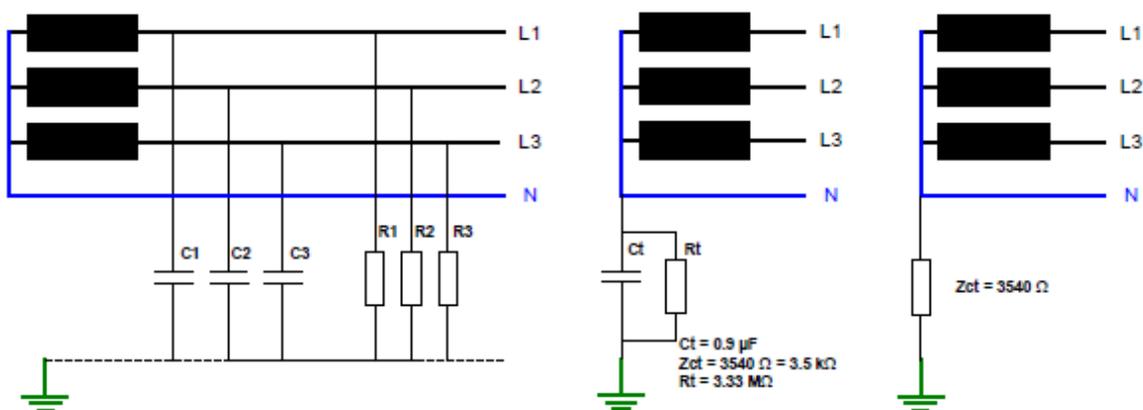
## 15.4 Réseau IT (neutre isolé)

### 15.4.1 Impédance de fuite naturelle

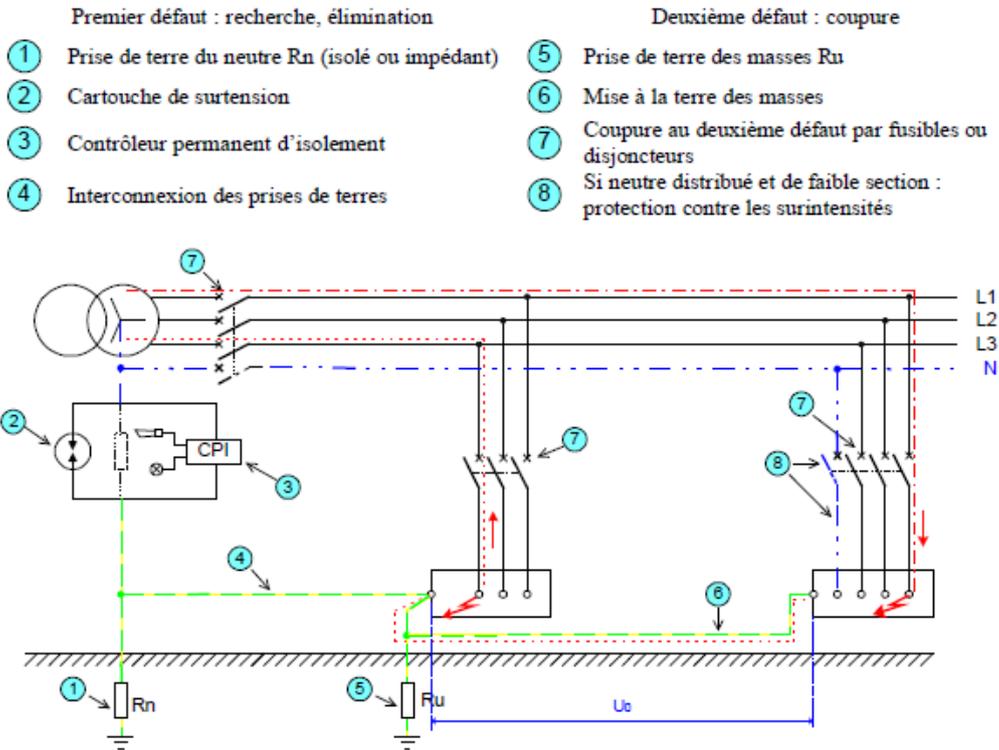
Pour une ligne basse tension de 1 km, on considère une liaison capacitive de chaque phase par rapport à la terre de  $0.3 \mu\text{F}$  par km, et résistive de  $10 \text{ M}\Omega$  par km

Pour un km : C total =  $0.9 \mu\text{F}$  et R total =  $3.33 \text{ M}\Omega$

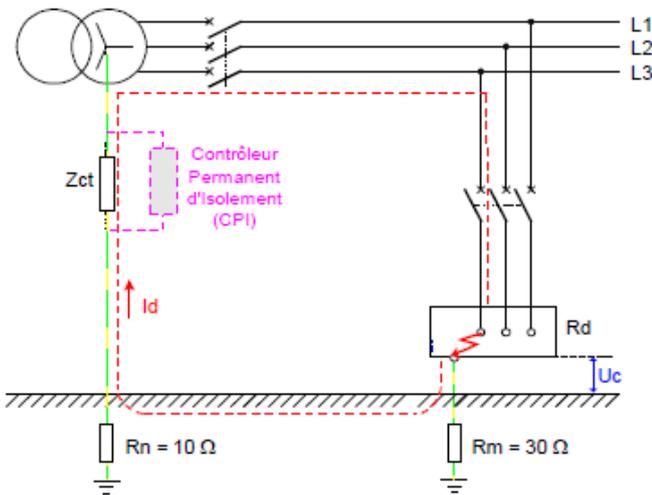
Impédance de fuite naturelle,  $Z_{ct} = \frac{1}{Ct \omega} = 3540 \Omega$



## 15.4.2 Schéma IT



### 15.4.2.1 Apparition d'un premier défaut à la terre dans le réseau IT



Indépendance de fuite = 3540  $\Omega$

$$I_d = \frac{U}{R_d + R_u + Z_{ct}}$$

NB :  $R_u = R_m + R_n$

$$= 30 \Omega + 10 \Omega$$

*négligeable par rapport à 3540  $\Omega$*

$$I_d \approx \frac{U}{Z_{ct}} = \frac{220}{3540} = 0.062 \text{ A}$$

$$U_c = R_m \times I_d$$

$$U_c = 30 \times 0.062 = 1.86 \text{ V}$$

**$U_c$  = potentiel inoffensif.**

Il n'y a pas de coupure du courant par déclenchement de disjoncteur ou fusion de fusible. Il n'y a pas de potentiel dangereux.

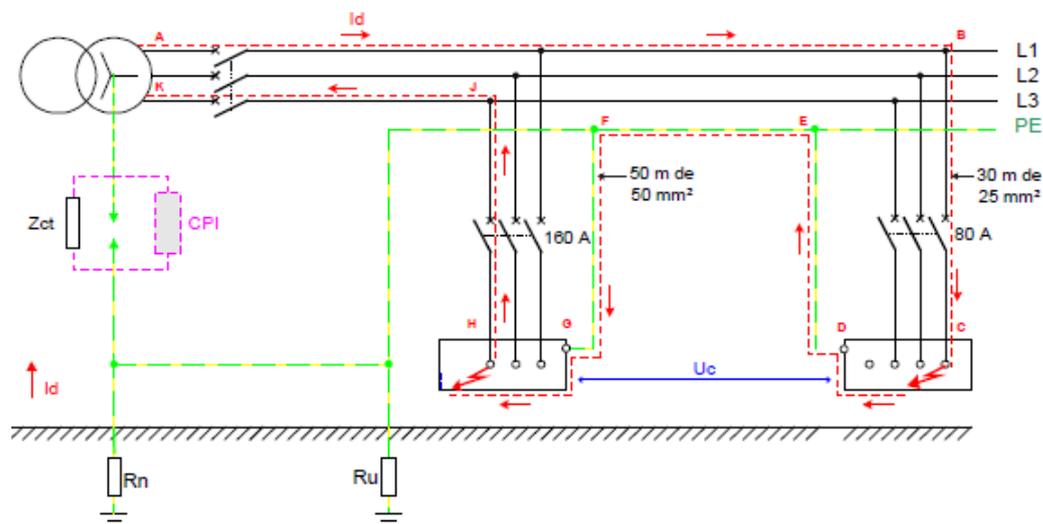
La continuité de service est assurée (*réseau utilisé dans les hôpitaux, et tout endroit où la continuité du service est primordiale*).

Il est utile de prévoir une signalisation de défaut d'isolement par CPI (contrôleur permanent d'isolement), afin de rechercher et d'éliminer ce premier défaut d'isolement, avant qu'un second défaut n'apparaisse sur une autre phase. En effet, à ce moment, les protections magnétiques vont déclencher.

La recherche de défaut d'isolement en réseau IT est réalisée, en injectant entre le réseau et la terre un signal de 10 kHz. Si une fuite existe, le signal passera par cette phase et la terre.

Il suffit de suivre cette phase avec un fréquencesmètre spécialement conçu pour trouver l'endroit du défaut.

### 15.4.2.2 Apparition d'un deuxième défaut à la terre dans le réseau IT



$U_{BJ}$  = tension au niveau du jeu de barres alimentant les deux départs en défaut

$U_{BJ} = Z_d \times I_d$  (impédance de la boucle ABCDEFGHJK multiplié par le courant de défaut)

$U_{BJ} = 380 \text{ V}$

$U_c$  = tension de contact =  $U_{GD}$

### 15.4.2.3 Calcul approché de la tension de contact $U_c$

$Z_d$  = Impédance de la boucle ABCDEFGHJK, en négligeant la réactance on a :

$Z_d = 2$  (Résistance BC+ résistance HJ)

$\rho = 0.225$  pour un courant de court-circuit (la température augmenten de plus de 25°C)

$$Z_d = 2 \left[ \left( \rho \frac{30}{25} \right) + \left( \rho \frac{50}{50} \right) \right] = 2 \times 22.5 \times 10^{-3} \times 2.2 = 0.099 \Omega$$

$$I_d = \frac{380}{0.099} = 3\,838 \text{ A} \quad \Rightarrow \quad \text{La protection magnéto-thermique fonctionnera sûrement !}$$

**Mais qu'en est-il de la tension de contact ?**

$$U_c = U_{GD} = \frac{Z_d}{2} I_d = \frac{0.099}{2} \times 3\,838 = 190 \text{ V}$$

$$U_c = \frac{V_{BJ}}{2} = 190 \text{ V} \quad \Rightarrow \quad \text{Tension de contact dangereuse !}$$

Sur la courbe de sécurité en milieu sec, pour une tension de contact de 190 V la protection doit fonctionner en moins de 70 ms.

Comme dans les réseaux TN, il faut calculer la longueur maximale des câbles.

L'apparition d'un deuxième défaut d'isolement nous replace dans des situations identiques :

- Au schéma TT : lorsque les masses ne sont pas interconnectées
- Au schéma TN : lorsque les masses sont interconnectées

### En conclusion :

Schéma réservé aux installations du secteur tertiaire - industrie, à poste privé ; il évite le déclenchement au 1<sup>o</sup> défaut, mais nécessite la surveillance et l'intervention d'un personnel compétent.

### 15.4.3 Calcul de la longueur maximale de ligne protégée contre les contacts indirects en schéma TN et IT.

La protection contre les contacts indirects est assurée par les dispositifs de protection contre les surintensités dans les circuits à **régime de neutre** :

- **TN** : au premier défaut phase - masse
- **IT** : au deuxième défaut phase – masse

La longueur et la section de la ligne sont limitées en fonction de  $I_{rm}$ , donc :

- en fonction du calibre du disjoncteur
- en fonction du type de réglage magnétique

**Avantages** : un réglage du type **B** protège à section égale une ligne plus longue qu'un réglage du type **C**.

**Inconvénients** : un réglage du type **B** sera plus sensible aux surcharges normales.

#### Longueur maximale de la ligne

$$M_{max} = U_0 \frac{S_{phase}}{2 \rho (1 + m) I_{rm} \text{ (ou } I_f)}$$

$m$  = rapport S de phase / S PE      $m = 1$  (petites sections)

$\rho$  = résistivité des conducteurs à t° moyenne de court-circuit ( $Cu = 0.0225 \Omega mm^2/m$  Alu =  $0.036 \Omega mm^2/m$ )

$0.8 U_0$  : la norme admet 20 % de chute de tension sur défaut franc phase – neutre

$L$  = longueur de la canalisation

$I_{rm}$  = courant de fonctionnement du déclencheur magnétique

$I_f$  = courant assurant la fusion du fusible dans un temps correspondant à la tension de contact

$U_c = 0.8 U_0 \left( \frac{m}{1+m} \right)$  retrouvée sur la courbe de sécurité

#### Si la longueur du câble est supérieure à la longueur maximale :

- Augmenter les sections du câble, du conducteur de protection ou bien des deux.
- Diminuer le seuil de déclenchement du magnétique du disjoncteur.
- Installer un disjoncteur différentiel.

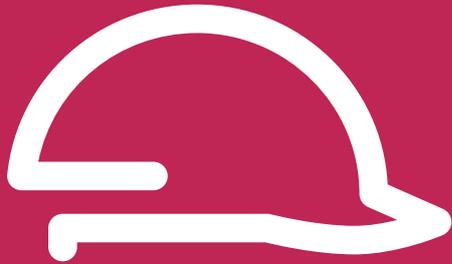
# L'essentiel Preventa pour la sécurité des machines

vous aide  
à sélectionner facilement votre produit

## 2010



# Pourquoi la sécurité ?



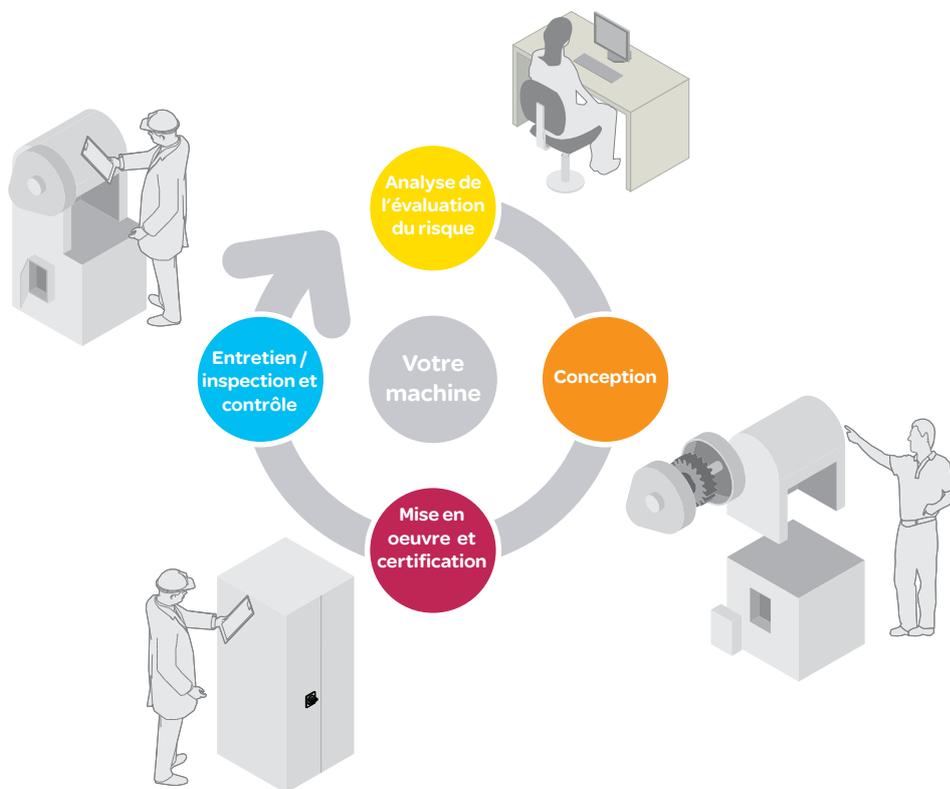
La vie humaine est la valeur la plus importante dans une entreprise !

Schneider Electric protège les personnes et améliore votre productivité.

# Preventa : la sécurité à 360° tout au long du cycle de vie de votre machine

En plus de l'obligation morale consistant à éviter que toute personne ne se blesse, il existe des lois qui exigent que les machines soient sûres, ainsi que de bonnes raisons économiques pour prévenir les accidents.

La sécurité doit être prise en compte dès la phase de conception et doit être présente à l'esprit pendant toutes les étapes de la vie d'une machine : conception, fabrication, installation, réglage, fonctionnement, entretien et mise au rebut finale.



## > Nouvelles machines : La Directive Machines

La Directive Machines 98/37/CE est destinée à contraindre les constructeurs à garantir un niveau de sécurité minimum pour les machines et équipements vendus au sein de l'Union européenne.

La nouvelle Directive Machines Européenne 2006/42/CE est entrée en vigueur le 29 décembre 2009. Les machines doivent se conformer aux exigences essentielles de santé et de sécurité énoncées dans l'annexe I de la Directive établissant ainsi un niveau minimum commun de protection dans tout l'EEE (Espace économique européen).

Les constructeurs de machines ou leurs représentants agréés au sein de l'UE doivent garantir que la machine est conforme, que le Dossier Technique est accessible aux services d'inspection technique sur demande, que la marque CE est apposée et qu'une déclaration de conformité a été signée avant que la machine ne soit mise sur le marché dans l'UE.

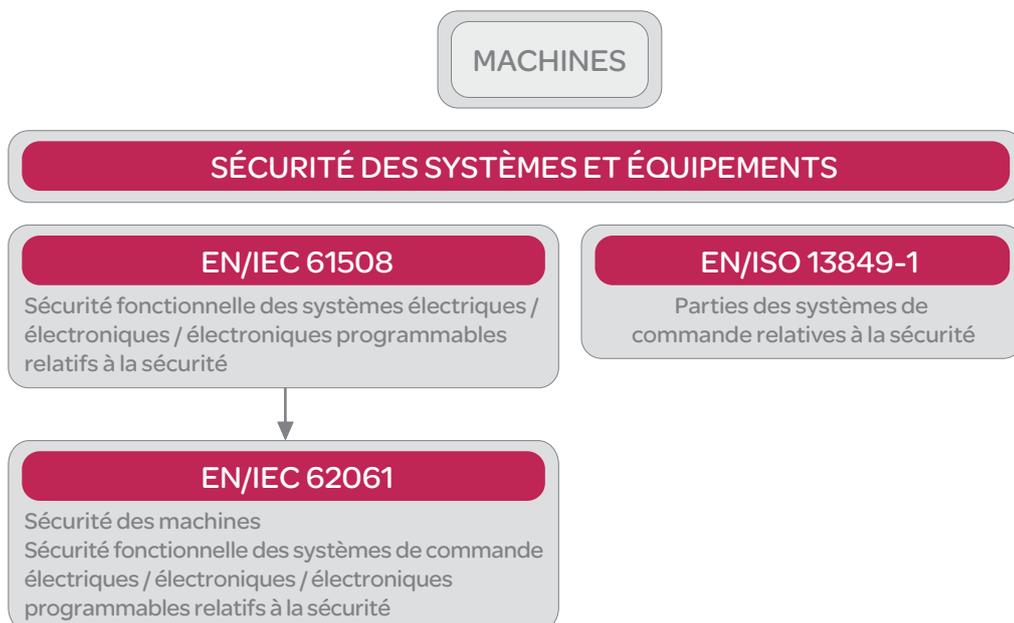
# Sécurité fonctionnelle



« Pour vous aider à atteindre aisément le niveau de sécurité machines exigé par les normes »

En suivant les indications des directives et des normes.

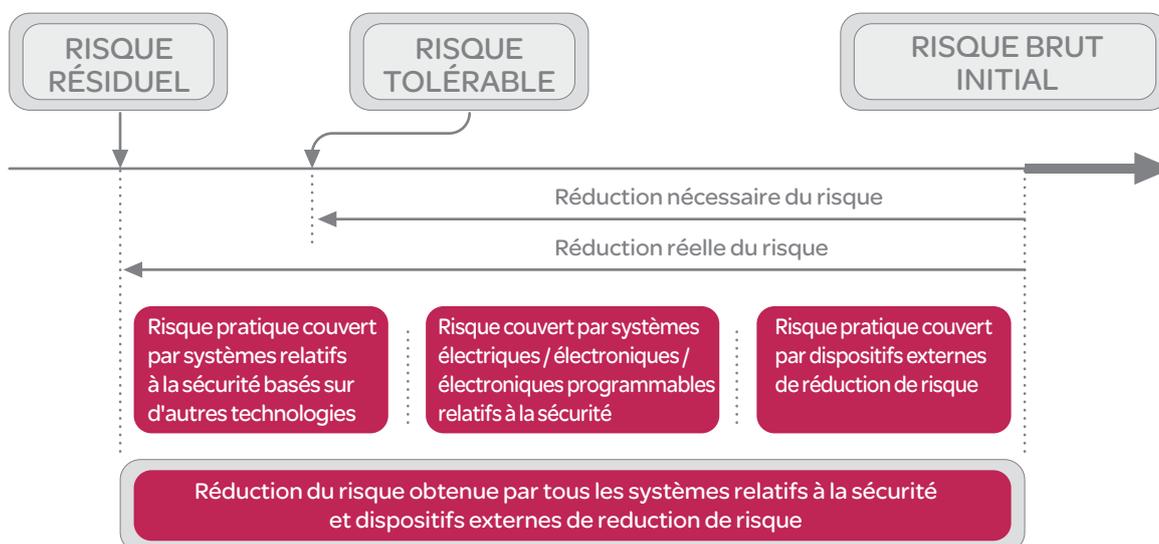
## > Niveau d'Intégrité de Sécurité (SIL), Niveau de Performace (PL)



### Réduction du risque selon EN IEC 61508

- La **Sécurité** est obtenue par réduction du risque (pour phénomènes dangereux impossibles à éliminer en modifiant la conception).
- Le **Risque Résiduel** est le risque qui subsiste après la mise en place de mesures de prévention.
- Les **Mesures de prévention** assurées par les systèmes E/E/EP\* relatifs à la sécurité contribuent à la réduction du risque.

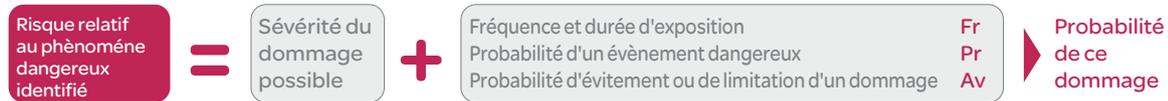
\* Electrique / Electronique / Electronique programmable



# Sécurité Fonctionnelle Machines

## > approche selon EN IEC 62061

Estimation du risque et attribution du niveau de SIL



### Détermination du niveau de SIL requis

Cette détermination est faite par évaluation des différents facteurs ci-dessous mentionnés

Conséquences		Sévérité(Se)	
Irréversibles : mort, perte d'un oeil ou d'un bras		4	
Irréversibles : fracture de membre(s), perte de doigt(s)		3	
Réversibles : exigeant un suivi médical		2	
Réversibles : exigeant premiers soins		1	

Fréquence et durée d'exposition (Fr)		Probabilité d'évènement		Probabilité (Pr)		Probabilité d'évitement ou limitation du dommage (Av)	
Fréquence d'exposition	> 10 min	Très forte		5		Impossible	5
1 h	5	Probable		4		Rare	3
> 1 h à 1 j	5	Possible		3		Probable	1
> 1 j à 2 sem	4	Rare		2			
> 2 sem à 1 an	3	Négligeable		1			
> 1 an	2						

No. de série	Phénomène Dangereux	Se	Fr	Pr	Av	Cl
1	Phénomène Dangereux X	4	5 +	4 +	3 =	12
2						

Conséquences	(Se)	Classe Cl					Fréquence et durée		Probabilité d'Évènement dangereux Pr		Évitement Av	
		3-4	5-7	8-10	11-13	14-15	Fr					
Mort, perte d'un oeil ou d'un bras	4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3	<= 1 heure	5	Très courante	5		
Permanentes, perte des doigts	3		AM	SIL 1	SIL 2	SIL 3	> 1 h à <= 1 j	5	Probable	4		
Réversibles, suivi médical	2			AM	SIL 1	SIL 2	> 1 j à <= 2 sem	4	Possible	3	Impossible	5
Réversibles, premier soins	1				AM	SIL 1	2 sem à <= 1 an	3	Rare	2	Possible	3
							> 1 an	2	Négligeable	1	Probable	1

Dans cet exemple on obtient un SIL requis de « 3 » qui est attribué à la fonction de commande relative à la sécurité, destinée à réduire le phénomène dangereux identifié.

### Détermination du niveau de SIL atteint par la fonction de commande relative à la sécurité (SRCF)

Au regard de la norme EN IEC 62061, pour chaque fonction de commande relative à la sécurité (SRCF) le SIL est associé :

- à une valeur cible de probabilité de défaillance dangereuse par heure: PFHD
- à des contraintes architecturales (Tolérances aux défaillances, diagnostic)
- à une ensemble d'exigences relatives au cycle de vie du système de commande relatif à la sécurité

Niveau d'intégrité de Sécurité (SIL)	Systèmes fortement sollicités ou fonctionnement en mode continu (Probabilité de la défaillance dangereuse par heure) PFHD
3	>10 <sup>-8</sup> à <10 <sup>-7</sup>
2	>10 <sup>-7</sup> à <10 <sup>-6</sup>
1	>10 <sup>-6</sup> à <10 <sup>-5</sup>

$\lambda_s$  = taux de défaillance en sécurité,  
 $\lambda_{dd}$  = taux de défaillance dangereuse détectée,  
 $\lambda_{du}$  = taux de défaillance dangereuse non détectée  
 $\lambda_d = \lambda_{dd} + \lambda_{du}$

En pratique, les défaillances dangereuses détectées sont prises en charge par des fonctions de réaction aux défaillances.

- Le taux de défaillance  $\lambda$  s'exprime ainsi :  $\lambda = \lambda_s + \lambda_{dd} + \lambda_{du}$
- Le calcul du PFHD d'un système ou d'un sous-système est fonction de plusieurs paramètres :
  - le taux de défaillance dangereuse ( $\lambda_d$ ) des éléments du sous-système
  - la tolérance de défaillance (ex : redondance) du système
  - la périodicité du test diagnostic (T2)
  - la périodicité du test d'épreuve (T1) ou la durée de vie (la plus courte des deux)
  - le facteur de mode commun ( $\beta$ )
- Pour chacune des architectures logiques A à D il existe une formule différente pour calculer le PFHD. (voir EN IEC 62061)
- Pour un système simple sans redondance ni diagnostic :  
 $PFHD = \lambda_d \times 1h$

## > Approche selon EN ISO 13849-1

### Détermination du niveau PL requis (PLr)

Cette détermination est faite à l'aide du graphique de risque ci dessous

#### S = Sévérité des lésions

S1 = Lésions légères (normalement réversibles)

S2 = Lésions sérieuses (normalement irréversibles) ou mort d'une personne.

#### F = Fréquence et/ou durée d'exposition

F1 = Rare à peu fréquente et/ou durée d'exposition courte

F2 = Fréquente à continue et/ou durée d'exposition longue

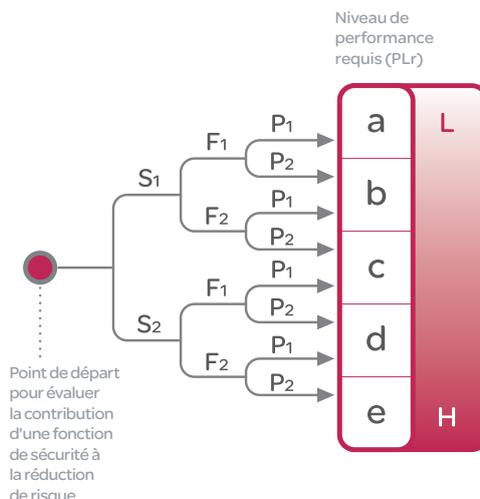
#### P = Possibilité d'évitement du phénomène dangereux ou de limitation d'un dommage

P1 = Possible dans certaines circonstances

P2 = Presque impossible

#### L = Faible contribution à la réduction des risques

#### H = Contribution importante à la réduction des risques



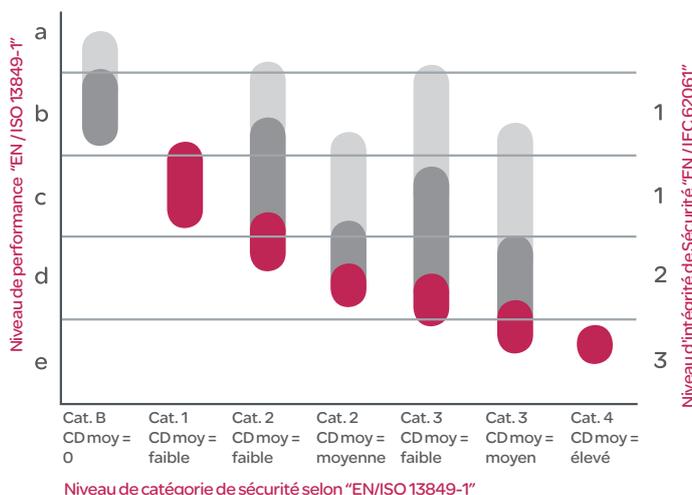
### Détermination du niveau PL de la partie du système de commande relative à la sécurité (SRP/CS)

Au regard de la norme EN ISO 13849-1, le niveau de performance (PL) est associé à une valeur cible de probabilité de défaillance dangereuse par heure pour chaque fonction de commande relative à la sécurité.

Niveau de performance (PL)	Probabilité de défaillances dangereuses par heure
a	$\geq 10^{-5} \dots < 10^{-4}$
b	$\geq 3 \times 10^{-6} \dots < 10^{-5}$
c	$\geq 10^{-6} \dots < 3 \times 10^{-6}$
d	$\geq 10^{-7} \dots < 10^{-6}$
e	$\geq 10^{-8} \dots < 10^{-7}$

Pour une SRP/CS (ou une combinaison de SRP/CS) conçue selon les exigences de l'article 6, le PL peut être estimé au moyen de la figure ci contre après estimation de plusieurs facteurs tels que structure matérielle et logicielle du système (catégories), étendue des mécanismes de détection des défauts [couverture de diagnostique (DC)], fiabilité des composants [temps moyens avant défaillance dangereuse (MTTF<sub>d</sub>), défaillance de cause commune (CCF)]...

- MTTF<sub>d</sub> pour un seul canal = faible
- MTTF<sub>d</sub> pour un seul canal = moyen
- MTTF<sub>d</sub> pour un seul canal = élevé



### Sécurité fonctionnelle et données de fiabilité du constructeur pour les composants électromécaniques, selon les normes EN/ISO 13849-1 et EN/IEC 62061

#### Preventa, Harmony, Tesys -

Valeurs B10d des composants électromécaniques.

Les valeurs suivantes s'appliquent aux modes opératoires à régime élevé ou continu utilisés dans les applications machines.

La valeur B10 est donnée pour une durée de vie de 20 ans, mais est surtout limitée par l'usure mécanique ou l'usure des contacts.

Composants électromécaniques	B10 <sub>d</sub>
Bouton Arrêt d'urgence Ø22 mm XB4 & XB5 (« coup de poing »)	1500 000
Arrêts d'urgence à commande par câble XY2C	50 000
Bouton poussoir Ø22 mm XB4 & XB5	25 000 000
Interrupteurs de position de sécurité, tête à poussoir ou levier à galet XCS	50 000 000
Interrupteurs de sécurité à clé-languettes (pour protecteurs mobiles) XCS	5 000 000
Interrupteurs de sécurité à clé-languettes (à interverrouillage par électro-aimant) XCS	5 000 000
Interrupteurs de sécurité à levier et à axe rotatif XCS	5 000 000
Interrupteurs de sécurité magnétiques codés XCS DMC/DMP/DMR à 10 mA	50 000 000
Contacteurs avec charge nominale	1300 000
Contacteurs avec charge mécanique	20 000 000

# Des solutions certifiées pour la chaîne de sécurité provenant de l'un des numéros un de l'automatisation !

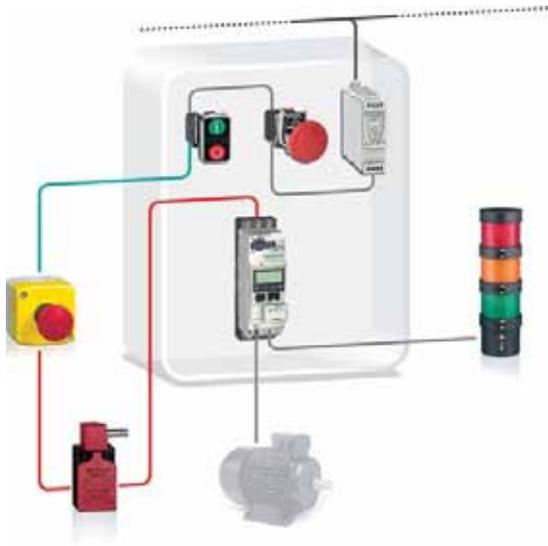
## Le concept :

Une association de produits fonctionnant ensemble pour réaliser une fonction de sécurité, qui comprend un schéma de principe approuvé, pour gagner du temps et diminuer les coûts, afin d'obtenir la certification selon la nouvelle Directive Européenne Machine.

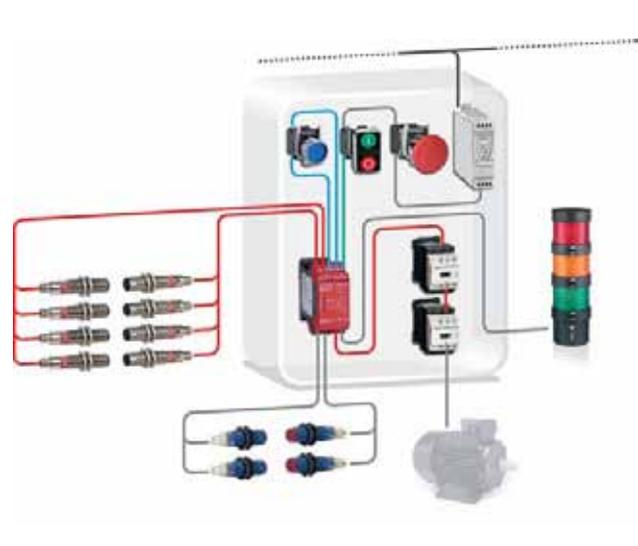
## Elles comprennent :

- > Schéma de la solution indiquant le niveau de performance (PL) et le niveau d'intégrité de sécurité (SIL)
- > Liste des matériaux et dossier de description du système
- > Exemple de description du calcul du PL et du SIL pour une fonction de sécurité
- > Schéma de principe conceptuel
- > Une certification de l'association de produits par un organisme notifié.

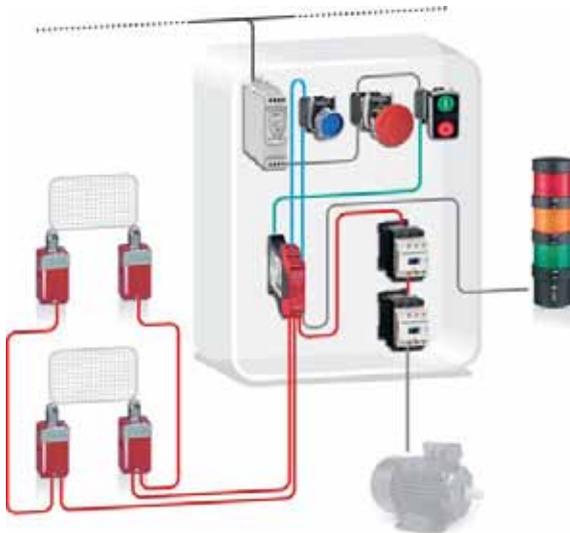
Arrêt moteur (PL c, SIL 1)



Barrière immatérielle (PL c, SIL 1)



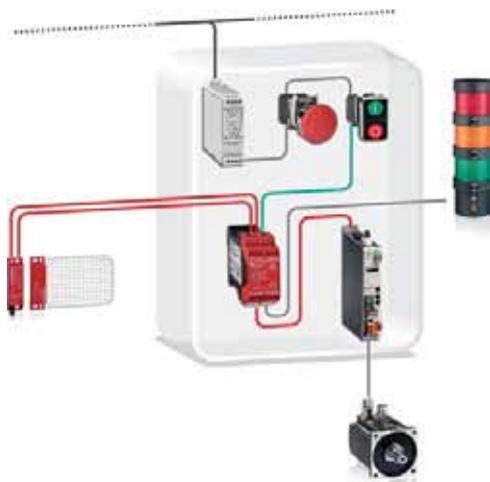
Arrêt immédiate cat.0 (PL d, SIL 2)



Arrêt contrôlé cat.1 (PL d, SIL 2)



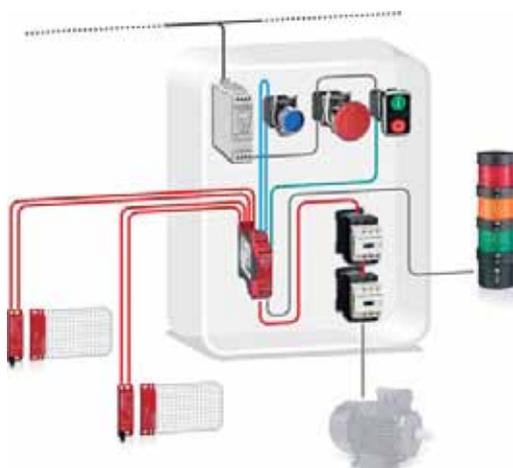
Arrêt contrôlé cat.1 (PL e, SIL 3)



Tapis de sécurité (PL d, SIL 2)



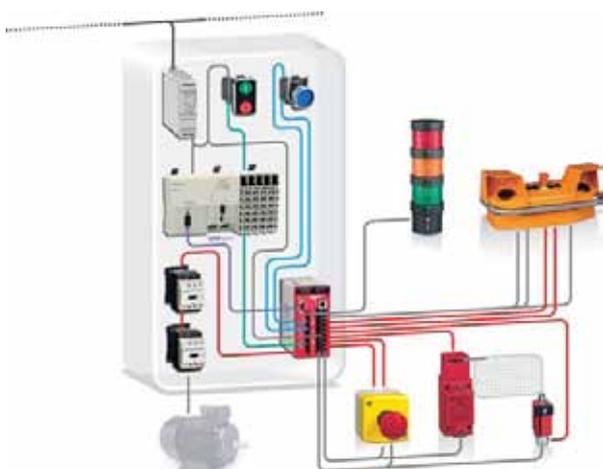
Interrupteurs magnétiques codés (PL e, SIL 3)



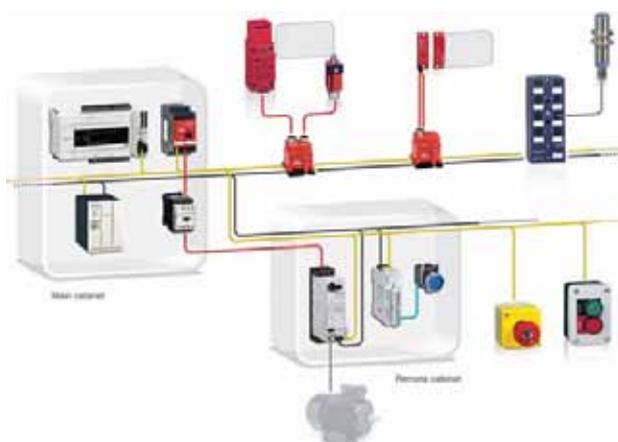
Détection de vitesse nulle (PL e, SIL 3)



Multi-fonction (PL e, SIL 3)



AS-interface (PL e, SIL 3)



**Ayez confiance en utilisant des solutions de chaîne de sécurité certifiées fournies par un leader de l'automatisation.**

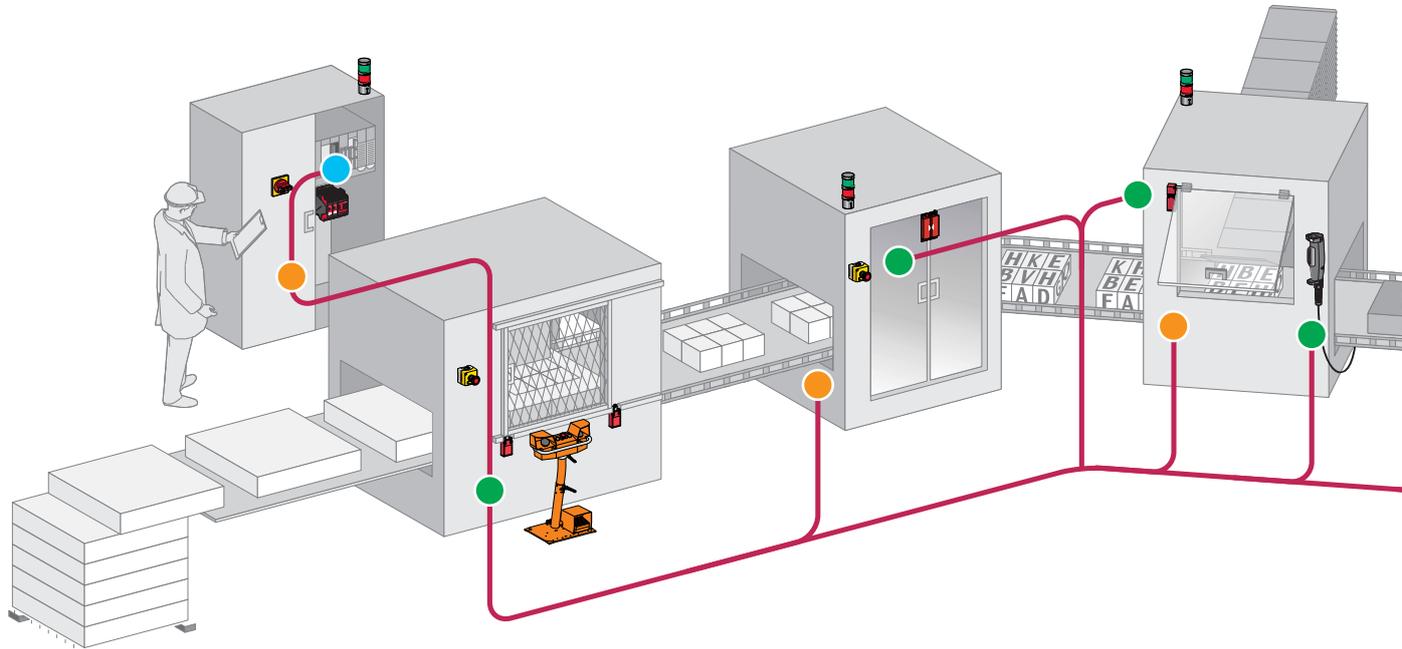
- > Réalisez des économies en évitant l'intervention d'experts externes pour la sécurité.
- > Réduisez le temps de conception grâce à nos exemples de calcul du niveau de sécurité pour chaque fonction de sécurité.



**Approuvé**

Solutions de la chaîne de sécurité pour atteindre le niveau de sécurité requis

# Economisez du temps et de l'argent avec notre offre Preventa...



## Transmission d'un signal sécurisé

### Acquisition de l'information :



Dispositifs de protection

- > Dispositifs protectifs utilisés dans les systèmes de protection pour contrôler l'accès dans des conditions spécifiques de risque réduit.
- > Barrières immatérielles et tapis de sécurité pour détecter tout déplacement vers les zones dangereuses et limitées.
- > Postes de commande bimanuelle et dispositifs de validation pour déclencher et valider les mouvements dangereux.
- > Mesures de protection génériques : bouton d'arrêt d'urgence.



Barrières immatérielles



Tapis de sécurité



Pupitre de commande bimanuelle et commande de validation



Arrêt d'urgence



Arrêt d'urgence par câble

### Surveillance et traitement :

- > Modules relais de sécurité dotés d'une fonction de sécurité spécifique pour surveiller les signaux d'entrée venant des dispositifs de protection et servir d'interface avec les contacteurs et variateurs de vitesse, en mettant hors tension les contacts de sécurité de sortie.
- > Contrôleur de sécurité : Dispositif de sécurité configurable capable de centraliser une plage générique de fonctions de surveillance de la sécurité.
- > Automates de sécurité : systèmes électroniques programmables, exécutant des tâches relatives à la sécurité ou autres pour les machines et équipements.
- > « As-i safety at work » : réseau de bus de terrain certifié pour fonctionner avec les dispositifs de protection afin de assurer des fonctions de sécurité.



Modules de sécurité



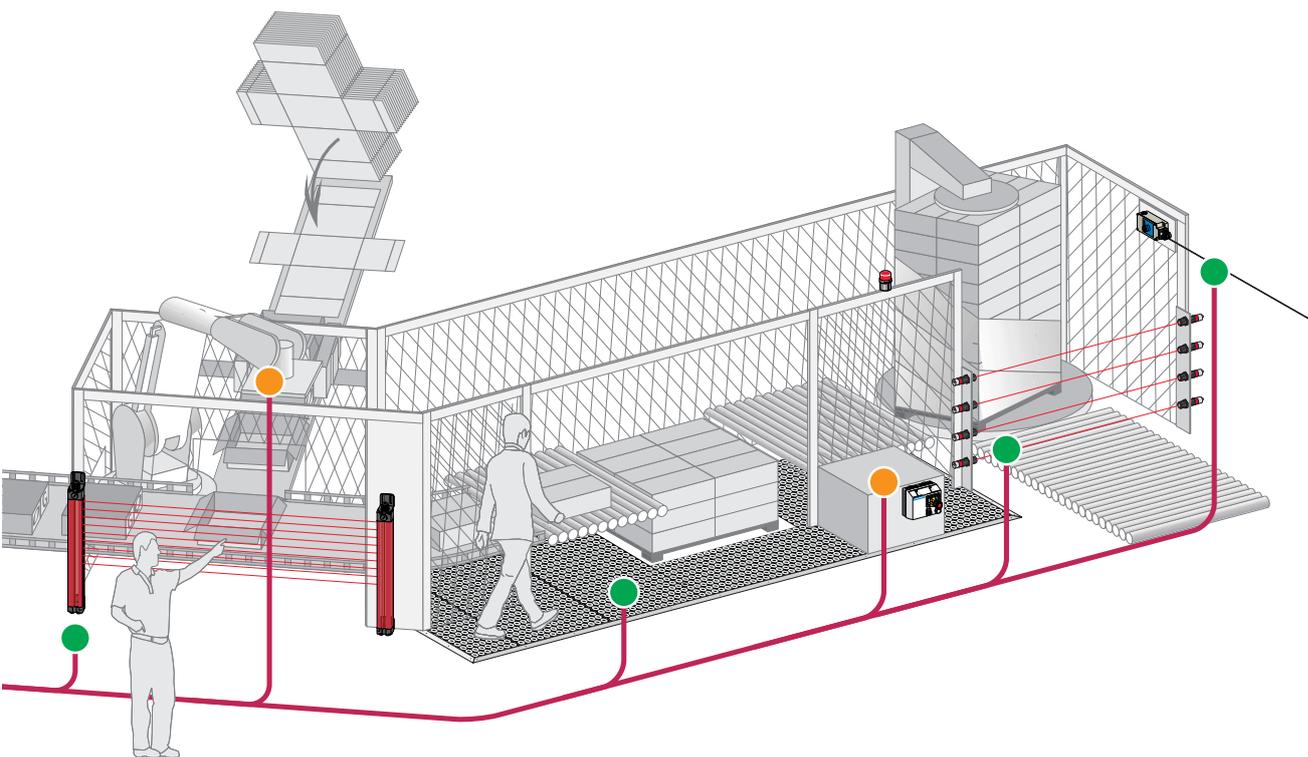
Contrôleurs de sécurité



Automates de sécurité



As-Interface de sécurité



## Arrêt de la machine :

- > Contacteurs pour couper l'alimentation électrique des moteurs au moyen de contacts auxiliaires intégrés, de type miroir et liés mécaniquement, pour le diagnostic des modules de sécurité par boucle d'asservissement.
- > Variateurs de vitesse et servo-varianteurs pour contrôler l'arrêt du mouvement dangereux grâce à la fonction de sécurité intégrée de coupure de la puissance.
- > Interrupteurs-sectionneurs à commande rotative : pour sectionnement des équipements et pour l'arrêt d'urgence par coupure directe de l'alimentation.



Variateurs de vitesse



Servo variateurs



Contacteurs



Interrupteurs-sectionneurs à commande rotative

## 1 Offre de sécurité complète et actualisée :

Amélioration de l'exigence relative au niveau de sécurité.

Réduisez les temps d'installation grâce à un câblage rapide et aisé.

## Jusqu'à 50 % d'optimisation de l'espace

Economisez en optimisant l'espace dans les tableaux.

## Jusqu'à 30% de temps gagné sur l'installation

Grâce à l'option cage à vis comprise dans notre nouvelle gamme de produits.

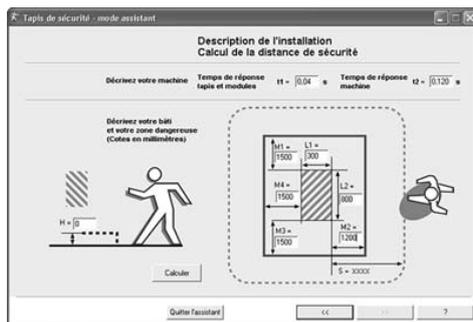
# Logiciel Protect Area Design



Le logiciel **Protect Area Design** est un configurateur qui permet de sélectionner le dispositif de protection de zone tapis de sécurité nécessaire aux applications de sécurité. Ce logiciel permet à l'utilisateur via une interface graphique de créer, tester ou modifier un environnement de travail sécurisé à proximité d'une machine potentiellement dangereuse. Après avoir renseigné les champs prédéfinis (choix de la catégorie du système de commande, dimensions de la machine...), le logiciel **Protect Area Design** effectue les calculs de distance de sécurité en fonction des temps de réaction de la machine et de la direction d'approche de l'accès à la zone dangereuse. Il affiche ensuite la solution de protection de sécurité optimale et établit la nomenclature des produits (références, quantités et accessoires à utiliser). Le logiciel **Protect Area Design** est convivial et fonctionne sous environnement Windows 98, NT, 2000 et XP.

## Protect Area Design

Logiciel de configuration des tapis de sécurité.



Le logiciel **Protect Area Design** permet de déterminer la forme à couvrir et d'optimiser l'utilisation des tapis avec comme propositions de solutions "Couverture de la zone à protéger" ou "Couverture optimisée de la zone à protéger".

■ Pour la configuration en mode procédure assistée le logiciel permet d'accéder aux menus :

- description de l'installation : description de la machine, temps de réaction,
- description du bâti et de l'accès à la zone dangereuse,
- sélection de la configuration en fonction de la zone à couvrir,
- processus de calcul.

■ Pour la configuration en mode procédure libre le logiciel permet d'accéder aux menus :

- remplacement de l'installation existante,
- choix de la surface à couvrir et cotations.

Avant d'utiliser le configurateur, il est nécessaire de conduire 2 processus :  
l'appréciation du risque et la réduction du risque selon PrEN/ISO 12100 pour permettre de sélectionner la catégorie du système de contrôle appropriée.

# Sécurité des machines



<b>Automatisation</b> .....	2 à 7
Automates de sécurité	
Contrôleurs et modules de sécurité	
<b>AS-Interface Safety at work</b> .....	8 et 9
Moniteurs et interfaces de sécurité	
<b>Détection</b> .....	10 à 17
Interrupteurs de sécurité	
Interrupteurs de position	
Technologie magnétique codée	
Tapis de sécurité	
Barrières immatérielles de sécurité	
<b>Dialogue Opérateur</b> .....	18 à 22
Arrêts d'urgence	
Interrupteurs à pédale	
Auxiliaires de commande	
<b>Contrôle des moteurs</b> .....	23 à 25
Interrupteurs-sectionneurs	
Départs-moteurs TeSys	

# Preventa Automatisation Automates de sécurité Compact

## Pour tous les automates XPSMF...

- Catégorie maxi de la solution ..... **Catégorie 4** (EN 954-1)
- Niveau de performance maxi de la solution ..... **PL e** (EN ISO 13849-1)
- Niveau d'intégrité de sécurité maxi de la solution..... **SIL 3** (EN IEC 62061)



Type d'automate		Compact					
Nombre entrées/sorties	TOR (configurable par logiciel XPSMFWIN)	24					
	Impulsion (1)	2x4					
Capacité mémoire	Application	250 k octets					
	Données	250 k octets					
Alimentation		Alimentation externe 24 VDC (avec protection séparée selon IEC61131-2).					
Communication	Sur réseau Ethernet avec protocole safe Ethernet	intégré (2xRJ45)	intégré (2xRJ45)	intégré (2xRJ45)	intégré (2xRJ45)	intégré (2xRJ45)	intégré (2xRJ45)
	Sur Modbus TCP/IP	–	intégré (2xRJ45)	–	intégré (2xRJ45)	–	intégré (2xRJ45)
	Sur Modbus (Liaison série)	–	–	intégré (1xRJ45)	intégré (1xRJ45)	–	–
	Sur Profibus DP	–	–	–	–	intégré (SUB-D9)	intégré (SUB-D9)
Raccordement des entrées/sorties		Par borniers à vis débrochables, or removable cage clamp terminal blocks repérés avec détrompeur					
Références		<b>XPSMF4000</b>	<b>XPSMF4002</b>	<b>XPSMF4020</b>	<b>XPSMF4022</b>	<b>XPSMF4040</b>	<b>XPSMF4042</b>

(1) Ces sorties ne sont pas des sorties de sécurité.

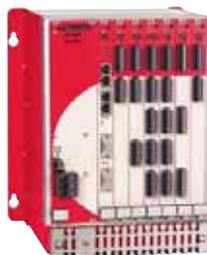
## Compact



Type d'automate		Compact				
Nombre entrées	TOR	20	20	24	24	24
	Analogiques	–	–	8	8	8
	Comptage	–	–	2	2	2
Nombre sorties	TOR	8	8	8	8	8
	Analogiques	–	–	–	–	–
	Relais	–	–	–	–	–
Capacité mémoire	Application	250 k octets				
	Données	250 k octets				
Alimentation		Alimentation externe 24 VDC (avec protection séparée selon IEC61131-2).				
Communication	Sur réseau Ethernet (Modbus TCP/IP)	intégré (4xRJ45)	intégré (4xRJ45)	intégré (4xRJ45)	intégré (4xRJ45)	intégré (4xRJ45)
	Sur bus Modbus (Liaison série)	intégré (SUB-D9)	–	–	intégré (SUB-D9)	–
	Sur bus Profibus DP	–	–	–	–	intégré (SUB-D9)
Raccordement des entrées/sorties		Par borniers à vis débrochables, repérés avec détrompeur				
Références (2)		<b>XPSMF3022</b>	<b>XPSMF31222</b>	<b>XPSMF3502</b>	<b>XPSMF3522</b>	<b>XPSMF3542</b>

(2) Les produits référencés XPSMF30/MF31/MF35 sont des produits marqués Himatrix F30, F31 ou F35.

## Modulaire



### Pour tous les automates XPSMF...

- Catégorie maxi de la solution ..... **Catégorie 4**  
(EN 954-1)
- Niveau de performance maxi de la solution ..... **PL e**  
(EN ISO 13849-1)
- Niveau d'intégrité de sécurité maxi de la solution ..... **SIL 3**  
(EN IEC 62061)

Type	Unité centrale	Alimentation	Rack 6 emplacements	Logiciel de programmation
<b>Capacité mémoire</b>	Application	500 k octets	–	Pour automates
	Données	500 k octets	–	XPSMF
<b>Alimentation</b>	–	externe 24 VDC, intégrée	–	–
<b>Communication</b>	Sur réseau Ethernet (Modbus TCP/IP)	intégré (4RJ45)	–	Version complète :
	Sur bus Modbus (Liaison série)	intégré (SUB-D9)	–	<b>SSV1XPSMFWIN</b>
<b>Raccordement puissance</b>	Par borniers à vis	Par borniers à vis	–	(1)
<b>Encombrement L x P x H</b>	–	–	257 x 239 x 310 mm	Version mise à jour :
<b>Références</b>	<b>XPSMFCPU22</b>	<b>XPSMFPS01</b>	<b>XPSMFGEH01</b>	<b>SSVXPSMFWINUP</b>



Type de module d'E/S	Pour automate modulaire						
	Analogique		TOR			Relais	
<b>Nombre entrées</b>	TOR	–	–	24	32	24	–
	Analogiques	8	–	–	–	–	–
	Comptage	–	–	2	–	–	–
<b>Nombre sorties</b>	TOR	–	–	4	–	16	–
	Analogiques	–	8	–	–	–	–
	Relais	–	–	–	–	–	8
<b>Alimentation</b>	Par borniers à vis débrochables repérés avec détrompeur						
<b>Références</b>	XPSMFAI801	XPSMFAO801	XPSMFCIO2401	XPSMFDI2401	XPSMFDI3201	XPSMFDIO241601	XPSMFDO801

## Modules d'E/S de sécurité distribués



Type de module	Entrées/Sorties TOR				
<b>Nombre entrées</b>	TOR	16	8+2	16	20
<b>Nombre sorties</b>	TOR	–	8	8	8
	A impulsion	4	2	2	–
<b>Alimentation</b>	Alimentation externe 24 VDC (avec protection séparée selon IEC61131-2)				
<b>Communication</b>	Sur réseau Safe Ethernet (Modbus TCP/IP)	intégré (2xRJ45)			
<b>Raccordement des entrées/sorties</b>	Par borniers à vis débrochables, repérés avec détrompeur				
<b>Références (2)</b>	XPSMF1DI1601	XPSMF3DIO8801	XPSMF3DIO16801	XPSMF3DIO20802	



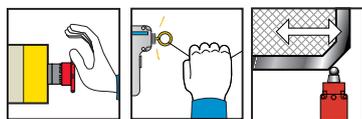
Type de module d'E/S	Entrées/Sorties Analogiques	Sorties TOR		Relais	
<b>Nombre entrées</b>	Analogiques	8	–	–	–
<b>Nombre sorties</b>	TOR	–	4	16	–
	Analogiques (non de sécurité)	4	–	–	–
	Relais	–	–	–	8
<b>Alimentation</b>	Alimentation externe 24 VDC (avec protection séparée selon IEC61131-2)				
<b>Communication</b>	Sur réseau Safe Ethernet (Modbus TCP/IP) intégré (2xRJ45)				
<b>Raccordement des entrées/sorties</b>	Par borniers à vis débrochables, repérés avec détrompeur				
<b>Références (2)</b>	XPSMF3AIO8401	XPSMF2DO401	XPSMF2DO1601	XPSMF2DO801	XPSMF2DO1602

(1) La version mise à jour peut être installée, si la version **SSV1XPSMFWIN** a déjà été installée.

(2) Les produits référencés **XPSMF1/MF2/MF3** sont des produits marqués **Himatrix F1, F2 ou F3**.

## Preventa Automatisation

## Contrôleurs pour surveillance d'arrêts d'urgence et d'interrupteurs



Universel



Niveau maximum de sécurité atteint par la solution (EN ISO 13849-1, EN/IEC 62061)		PL e / Cat. 4, SILCL 3			
Nombre de circuits	De sécurité	2x2"F" + 6 statiques		3x2"F" par fonction	
	Supplémentaires	-		3 statiques	
Visualisation (nombre de DEL)		30		12	
Largeur du boîtier		74 mm		45 mm	
Communication interface		Modbus	Modbus, CANopen	Modbus, Profibus DP	-

Solutions universelles : contrôleurs de sécurité (pour contrôler plusieurs fonctions de sécurité simultanées)

Alimentation	24 VDC	XPSMC32Z (1)(2)	XPSMC32ZC (1)(2)	XPSMC32ZP (1)(2)	XPSMP1123P (3)
--------------	--------	-----------------	------------------	------------------	----------------

## d'interrupteurs magnétiques codés de commande de validation



Universel

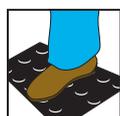


Niveau maximum de sécurité atteint par la solution (EN ISO 13849-1, EN/IEC 62061)		PL e / Cat. 4, SILCL 3			
Pour surveillance		interrupteurs magnétiques et commande de validation			
Nombre de circuits	De sécurité	2x2"F" + 6 statiques		3x2"F" par fonction	
	Supplémentaires	-		3 statiques	
Visualisation (nombre de DEL)		30		12	
Largeur du boîtier		74 mm		45 mm	
Communication interface		Modbus	Modbus, CANopen	Modbus, Profibus DP	-

Solutions universelles : contrôleurs de sécurité (pour contrôler plusieurs fonctions de sécurité simultanées)

Alimentation	24 VDC	XPSMC32Z (1)(2)	XPSMC32ZC (1)(2)	XPSMC32ZP (1)(2)	XPSMP1123P (3)
--------------	--------	-----------------	------------------	------------------	----------------

## de tapis de sécurité et bords sensibles



Universel



Niveau maximum de sécurité atteint par la solution (EN ISO 13849-1, EN/IEC 62061)		PL d / Cat. 3, SILCL 2			
Nombre de circuits	De sécurité	2x2"F" + 6 statiques		3x2"F" par fonction	
	Supplémentaires	-		3 statiques	
Visualisation (nombre de DEL)		30		12	
Largeur du boîtier		74 mm		45 mm	
Communication interface		Modbus	Modbus, CANopen	Modbus, Profibus DP	-

Solutions universelles : contrôleurs de sécurité (pour contrôler plusieurs fonctions de sécurité simultanées)

Alimentation	24 VDC	XPSMC32Z (1)(2)	XPSMC32ZC (1)(2)	XPSMC32ZP (1)(2)	XPSMP1123P (3)
--------------	--------	-----------------	------------------	------------------	----------------

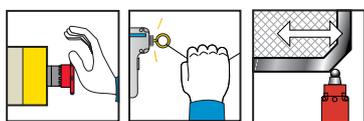
(1) Version avec 32 entrées, pour version avec 16 entrées, remplacer dans la référence 32 par 16 (exemple XPSMC32Z devient XPSMC16Z)

(2) Logiciel de configuration XPSMCWIN (version complète) ou SSVXPSMCWINUP (version mise à jour), câbles de connexion, jeu de connecteurs débrochables à vis XPSMCTS16 et XPSMCTS32 ou jeu de connecteurs débrochables à ressort XPSMCTC16 et XPSMCTC32 à commander séparément.

(3) Pour version non débrochable, enlever P à la fin de la référence (exemple XPSMP1123P devient XPSMP1123).

Autres réalisations : consulter votre agence Schneider Electric.

## Modules pour surveillance d'arrêts d'urgence et d'interrupteurs



Niveau maximum de sécurité atteint par la solution (EN ISO 13849-1, EN/IEC 62061)		PL e / Cat. 4, SILCL 3							
Nombre de circuits	De sécurité	3"F"	3"F"	3"F"	3"F"	7"F"	3"F" + 3"F" retardé	2"F" + 1"F" retardé	2"F" + 3"F" retardé
	Supplémentaires	1 statiques	1 "O"	-	1 "O" + 4 statiques	2 "O" + 4 statiques	3 statiques	-	4 statiques
Visualisation (nombre de DEL)		2	2	3	4	4	11	3	4
Largeur du boîtier		22.5 mm	22.5 mm	22.5 mm	45 mm	90 mm	45 mm	22.5 mm	45 mm

Solutions optimum : modules de sécurité (pour surveillance d'1 fonction de sécurité)

Alimentation (1)	24 VDC	-	-	-	-	-	XPSAV11113P	XPSABV11330P (2)	-
	24 VAC/DC	XPSAC5121P	XPSAXE5120P (2)	XPSAF5130P	XPSAK311144P	XPSAR311144P	-	-	XPSATE5110P
	230 VAC	-	-	-	-	-	-	-	XPSATE3710P

(1) Pour une version avec borniers non débrochables, supprimer la lettre P à la fin de la référence (exemple: XPSAV11113P devient XPSAV11113)

(2) Pour une version avec borniers débrochables, remplacer la lettre P par la lettre C à la fin de la référence (exemple: XPSAXE5120P devient XPSAXE5120C)

## d'interrupteurs magnétiques codés de commande de validation



Niveau maximum de sécurité atteint par la solution (EN ISO 13849-1, EN/IEC 62061)		PL e / Cat. 4, SILCL 3		
Pour surveillance		maxi 2 interrupteurs magnétiques codés		commande de validation
Nombre de circuits	De sécurité	2"F"	2"F"	2"F"
	Supplémentaires	2 statiques	2 statiques	2 statiques
Visualisation (nombre de DEL)		3	15	3
Largeur du boîtier		22,5 mm	45 mm	22,5 mm

Solutions optimum : modules de sécurité (pour surveillance d'1 fonction de sécurité)

Alimentation	24 VDC	XPSDMB1132P (1)	XPSDME1132P (1)	XPSVC1132P (1)
--------------	--------	-----------------	-----------------	----------------

(1) Pour version non débrochable, enlever P à la fin de la référence (exemple XPSDMB1132P devient XPSDMB1132).

## de tapis de sécurité et bords sensibles



Niveau maximum de sécurité atteint par la solution (EN ISO 13849-1, EN/IEC 62061)		PL d / Cat. 3, SILCL 2
Nombre de circuits	De sécurité	3"F"
	Supplémentaires	1"O"+4 statiques
Visualisation (nombre de DEL)		4
Largeur du boîtier		45 mm

Solutions optimum : modules de sécurité (pour surveillance d'1 fonction de sécurité)

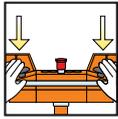
Alimentation	24 VAC/DC	XPSAK311144P (1)
--------------	-----------	------------------

(1) Pour version non débrochable, enlever P à la fin de la référence (exemple XPSAK311144P devient XPSAK311144).

# Preventa

## Automatisation

# Contrôleurs pour surveillance de commande bimanuelle



Universel

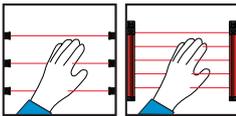


<b>Niveau maximum de sécurité atteint par la solution (EN ISO 13849-1, EN/IEC 62061)</b>		<b>PL e / Cat. 4, SILCL 3</b>		
<b>Nombre de circuits</b>	De sécurité	2x2"F" + 6 statiques		
	Supplémentaires	-		
<b>Visualisation (nombre de DEL)</b>		30		
<b>Largeur du boîtier</b>		74 mm		
<b>Communication interface</b>		Modbus	Modbus, CANopen	Modbus, Profibus DP

Solutions universelles : contrôleurs de sécurité (pour contrôler plusieurs fonctions de sécurité simultanées)

<b>Alimentation</b>	24 VDC	<b>XPSMC32Z</b> (1)(2)	<b>XPSMC32ZC</b> (1)(2)	<b>XPSMC32ZP</b> (1)(2)
---------------------	--------	------------------------	-------------------------	-------------------------

## de barrières immatérielles



Universel



<b>Niveau maximum de sécurité atteint par la solution (EN ISO 13849-1, EN/IEC 62061)</b>		<b>PL e / Cat. 4, SILCL 3</b>			<b>Surveillance de 2 barrières maxi</b>
<b>Nombre de circuits</b>	De sécurité	2x2"F" + 6 statiques	3x2"F" par fonction	3 statiques	2 statiques PNP
	Supplémentaires	-	-	-	1 PNP + 1 NPN
<b>Visualisation (nombre de DEL)</b>		30	12	12	14 + afficheur double
<b>Largeur du boîtier</b>		74 mm	45 mm	45 mm	100 mm
<b>Fonction Muting intégrée</b>		Oui	Non	Non	Oui
<b>Communication interface</b>		Modbus	Modbus, CANopen	Modbus, Profibus DP	-

Solutions universelles : contrôleurs de sécurité (pour contrôler plusieurs fonctions de sécurité simultanées)

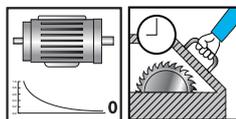
<b>Alimentation</b>	24 VDC	<b>XPSMC32Z</b> (1)(2)	<b>XPSMC32ZC</b> (1)(2)	<b>XPSMC32ZP</b> (1)(2)	<b>XPSMP11123P</b> (3)	<b>XPSLCM1150</b> (4)
---------------------	--------	------------------------	-------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------

(1) Version avec 32 entrées, pour version avec 16 entrées, remplacer dans la référence 32 par 16 (exemple XPSMC32Z devient XPSMC16Z)

(3) Pour version non débroschable, enlever P à la fin de la référence (exemple XPSMP11123P devient XPSMP11123).

(4) Borniers débroschables

## de vitesse nulle, de temporisation



Universel



<b>Niveau maximum de sécurité atteint par la solution (EN ISO 13849-1, EN/IEC 62061)</b>		<b>PL e / Cat. 4, SILCL 3</b>		
<b>Pour surveillance</b>		Vitesse nulle sur moteur		
<b>Nombre de circuits</b>	De sécurité	2x2"F" + 6 statiques		
	Supplémentaires	-		
<b>Visualisation (nombre de DEL)</b>		30		
<b>Largeur du boîtier</b>		74 mm		
<b>Communication interface</b>		Modbus	Modbus, CANopen	Modbus, Profibus DP

Solutions universelles : contrôleurs de sécurité (pour contrôler plusieurs fonctions de sécurité simultanées)

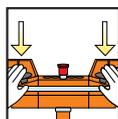
<b>Alimentation</b>	24 VDC	<b>XPSMC32Z</b> (5) (2)	<b>XPSMC32ZC</b> (5) (2)	<b>XPSMC32ZP</b> (5) (2)
---------------------	--------	-------------------------	--------------------------	--------------------------

(2) Logiciel de configuration XPSMCWIN (version complète) ou SSVXPSMCWINUP (version mise à jour), câbles de connexion, jeu de connecteurs débroschables à vis XPSMCTS16 et XPSMCTS32 ou jeu de connecteurs débroschables à ressort XPSMCTC16 et XPSMCTC32 à commander séparément.

(5) Version uniquement avec bornier débroschable.

Autres réalisations : consulter votre agence Schneider Electric.

## Modules pour surveillance de commande bimanuelle



New



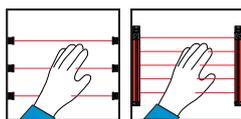
Niveau maximum de sécurité atteint par la solution (EN ISO 13849-1, EN/IEC 62061)		PL c / Cat. 1 (type IIIA selon EN 574/ISO 13851)		PL e / Cat. 4, SILCL 3 (type IIIA selon EN 574/ISO 13851)	
Nombre de circuits	De sécurité	1"F"	2"F"	2"F"	
	Supplémentaires	1"O"	1"O"	2 statiques	2 statiques
Visualisation (nombre de DEL)		2	3	3	
Largeur du boîtier		22,5 mm	22,5 mm	22,5 mm	

Solutions optimum : modules de sécurité (pour surveillance d'1 fonction de sécurité)

Alimentation	24 VDC	–	–	XPSBF1132P (1)
	24 VAC/DC	XPSBA5120	XPSBCE3110P (2)	–

(1) Pour version non débrochable, enlever P à la fin de la référence (exemple XPSBF1132P devient XPSBF1132).

## de barrières immatérielles



Niveau maximum de sécurité atteint par la solution (EN ISO 13849-1, EN/IEC 62061)		PL c / Cat. 2, SILCL 1		PL e / Cat. 4, SILCL 3	
Nombre de circuits	De sécurité	2"F"	3"F"	3"F"	7"F"
	Supplémentaires	4 statiques	–	1"O"+4 statiques	1"O"+4 statiques
Visualisation (nombre de DEL)		4	3	4	4
Largeur du boîtier		45 mm	22,5 mm	45 mm	90 mm
Fonction Muting intégrée		Oui	Non	Non	Non

Solutions optimum : modules de sécurité (pour surveillance d'1 fonction de sécurité)

Alimentation	24 VDC	XPSCM1144P (1)	–	–	–
	24 VAC/DC	–	XPSAFL5130P (1)	XPSAK311144P (1)	XPSAR311144P (1)

(1) Pour version non débrochable, enlever P à la fin de la référence (exemple XPSCM1144P devient XPSCM1144).

## de vitesse nulle, de temporisation et d'ascenseur



New

Niveau maximum de sécurité atteint par la solution (EN ISO 13849-1, EN/IEC 62061)		PL d / Cat. 3, SILCL 2		PL e / Cat. 4, SILCL 3	
Pour surveillance		Vitesse nulle sur moteur		Temporisation sécurité	
Nombre de circuits	De sécurité	1"F"+1"O"	1"F" retardée	1"F" à impulsion	2"F"
	Supplémentaires	2 statiques	2"O"+2 statiques	2"O"+2 statiques	2 statiques
Visualisation (nombre de DEL)		4	4	4	4
Largeur du boîtier		45 mm	45 mm	45 mm	22,5 mm

Solutions Applications : modules de sécurité (pour surveillance d'1 fonction de sécurité)

Alimentation	24 VDC	XPSVNE1142P (1)	–	–	–
	24 VAC/DC	–	XPSTSA5142P (2)	XPSTSW5142P (2)	XPSEDA5142

(1) Fréquence moteur ≤ 60 Hz. Autres fréquence ≥ 60 Hz voir catalogue " Solution de sécurité "

(2) Version uniquement avec bornier débrochable.

# Preventa \_\_\_\_\_ Moniteurs de sécurité

## AS-Interface safety at work **Moniteurs**



Niveau maximum de sécurité atteint par la solution (EN ISO 13849-1, EN/IEC 62061)		PL e / Cat. 4, SILCL 3	
Nombre de circuits	De sécurité	2 "F"	2 x 2 "F"
	Auxiliaires	1 statique	2 statiques
Visualisation (nombre de DEL)		5	8
Largeur du boîtier		45 mm	45 mm
Profil AS-Interface		S.7.F	S.7.F
Compatibilité avec maître		V1 / V2.1	V1 / V2.1
Références moniteur avec fonctions	Avancées	<b>ASISAFEMON1B</b>	<b>ASISAFEMON2B</b>
	De base	<b>ASISAFEMON1</b>	<b>ASISAFEMON2</b>

## Logiciel de configuration, console de réglage et analyseur AS-Interface



Type	Logiciel de configuration (1)	Console de réglage (2)	Analyseur AS-Interface
Multi-langue	FR / EN / DE / ES / IT / PT	–	■ Analyse et diagnostic de ligne AS-Interface et Safety at Work
Utilisation	ASISAFEMON1/2, ASISAFEMON1B/2B, CD-ROM PC	–	■ Complément du diagnostic local du maître AS-Interface
Support	Windows	–	■ Maintenance ou validation des lignes AS-Interface
Environnement	–	IP 40	■ Edition des tests des lignes AS-Interface
Degré protection	–	4 piles LR6	92 x 28 x 139 mm
Alimentation	–	70 x 50 x 170 mm	ASISA01
Encombrement L x P x H	–	–	–
Références	version complète	<b>ASISWIN2</b>	<b>ASISWIN2</b>
	Version mise à jour (3)	<b>SSVASISWINUP</b>	–

(1) Livré avec guide d'utilisation matériel et logiciel sur CD-Rom

(2) Pour adressage des interfaces de sécurité, utiliser l'adaptateur infrarouge ASITERIR1 ou l'adaptateur standard ASISAD1.

(3) A commander seulement si une version antérieure de ASISWIN avait déjà été installé.

## Accessoires



Type	Adaptateur pour l'adressage d'interfaces de sécurité	Adaptateur infrarouge pour console de réglage	Dérivation pour câble AS-Interface	Câble pour paramétrage du moniteur RS 232	Câble pour transfert de moniteur à moniteur
Degré de protection	IP 67	IP 67	IP 67	IP 20	IP 20
Longueur du câble	–	1 m	2 m	2 m	0.2 m
Références	<b>ASISAD1</b>	<b>ASITERIR1</b>	<b>TCSATN01N2</b>	<b>ASISPCP</b>	<b>ASISCM</b>

## Interfaces de sécurité Pour arrêt d'urgence Ø 22



Type d'interface	Pour boutons coup de poing				Boîtes à bouton	
	Métallique	(1)	Plastique	(1)	Plastique	
Degré de protection	IP20	IP20	IP20	IP20	IP 65	IP 65
Encombrement L x P x H (mm)	40 x 90 x 68	40 x 80 x 40	40 x 90 x 64	40 x 90 x 40	66 x 95 x 78	66 x 95 x 78
Profil AS-Interface	S.O.B.F.F	S.O.B.F.F	S.O.B.F.F	S.O.B.F.F	S.O.B.F.F	S.O.B.F.F
Consommation sur AS-Interface	45 mA	45 mA	45 mA	45 mA	45 mA	45 mA
Adressage infrarouge	Oui	Non	Oui	Non	Non	Non
Raccordement sur AS-Interface	Prise vampire	Connecteur	Prise vampire	Connecteur	Connecteur M12	Connecteur M12
Référence avec contact "O + O" (interface livrée sans tête)	<b>ASISSLB4</b>	<b>ASISSE4</b>	<b>ASISSLB5</b>	<b>ASISSE5</b>	<b>ASISEA1C</b>	<b>ASISEK1C</b>
Référence de la tête (Bouton coup de poing Ø40 tourner pour déverrouiller)	<b>ZB4BS844 (2)</b>	<b>ZB4BS844 (2)</b>	<b>ZB4AS844 (2)</b>	<b>ZB5AS844 (2)</b>	<b>Intégrée (3)</b>	<b>Intégrée (4)</b>

(1) Pour installation en coffret.

(2) Tête à commander séparément, autres références de têtes, voir [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com).

(3) Tête coup de poing tourner pour déverrouiller

(4) Tête coup de poing déverrouillage par clé n°455

## Pour autres produits de sécurité à sortie connectique M12 ou ISO M16/20

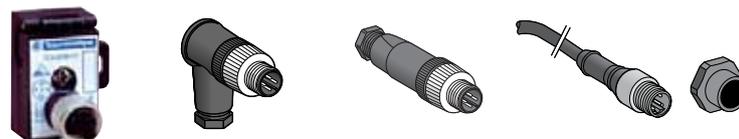


Type d'entrée	2 entrées M12 (5)	1 entrée M12	1 entrée ISO M16 (6)
Degré de protection	IP 67	IP 67	IP 67
Encombrement L x P x H	40 x 40 x 58 mm	40 x 40 x 58 mm	40 x 40 x 57.5 mm
Profil AS-Interface	S.O.B.F.F	S.O.B.F.F	S.O.B.F.F
Consommation sur AS-Interface	45 mA	45 mA	45 mA
Adressage infrarouge	Oui	Oui	Oui
Raccordement sur AS-Interface	Prise vampire	Prise vampire	Prise vampire
Références	<b>ASISSLC2</b>	<b>ASISSLC1</b>	<b>ASISLLS</b>

(5) Pour raccordement avec 2 prolongateurs, ou 1 prolongateur + 1 connecteur.

(6) Pour 1 entrée ISO M20, voir adaptateur ci-dessous.

## Accessoires



Type	Dérivation pour câble AS-Interface	Connecteurs		Prolongateur	Adaptateur (vente par qté de 5)
Description	M12 femelle à visser	coudé	droit	droit	ISO M16/M20
Degré de protection	IP67	IP 67	IP 67	IP 67	IP 67
Longueur de câble	–	–	–	2 m	–
Références	<b>TCSATN011F</b>	<b>XZCC12MCM40B</b>	<b>XZCC12MDM40B</b>	<b>XZCP1541L2</b>	<b>DE9RI2016</b>

# Preventa

## Interruption de sécurité

### Détection

### A clé languette

**Entrée ISO (selon EN 50262)**

① 13 21  
14 22

Contact bipolaire  
Action dépendante  
("O+F")

① 21 13 33  
22 14 34

Contact tripolaire  
Action dépendante  
("O+F+F")

① 11 21  
12 22

Contact bipolaire  
Action dépendante  
("O+O")

① 21 31 13  
22 32 14

Contact tripolaire  
Action dépendante  
("O+O+F")

Sans verrouillage

Avec verrouillage  
Par bouton

Par serrure à clé

Verrouillage par manque de tension de l'électro-aimant (1)

Interrupteurs en plastique à double isolation	Type XCSMP câble = 2 m	Type XCSPA et TA 1 entrée ISO M16 (2)	2 entrées ISO M16 (2)	Type XSLE 3 entrées câble ISO M20
Vitesse d'attaque (mini → maxi)	0,05 m/s → 1,5 m/s	0,1 m/s → 0,5 m/s		0,1 m/s → 0,5 m/s
Degré de protection	IP 67	IP 67		IP 67 + IP 66
Caractéristiques assignées d'emploi (selon EN IEC 60947-5-1)	AC 15, C 300 / DC 13, Q 300	AC 15, A 300 / DC 13, Q 300		AC 15, B 300 / DC 13, Q 300
Encombrement corps + tête L x P x H	30 x 15 x 87 mm	30 x 30 x 93,5 mm	52 x 30 x 114,5 mm	43,6 x 205 x 50,6 mm
Tension d'alimentation de l'électro-aimant	-	-	-	24 VAC/DC
Appareil complet	"O+F" F décalé à action dépendante "O+O" à action dépendante "O+F+F" 2 F décalés à action dépendante "O+F+F" à action brusque "O+O+F" F décalé à action dépendante "O+O+F" à action brusque	XCSMP59L2 (3) ⊕ XCSMP79L2 (3) ⊕ XCSMP70L2 (3) ⊕ - XCSMP80L2 (3) ⊕ -	XCSPA592 ⊕ XCSPA792 ⊕ XCSPA892 ⊕ - XCSPA992 ⊕ XCSPA492 ⊕	XCSTA592 ⊕ XCSTA792 ⊕ XCSTA592 ⊕ - XCSTA792 ⊕ -

- (1) Pour verrouillage à la mise sous tension de l'électro-aimant, voir [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com).  
 (2) Entrée de câble pour presse-étoupe 11 (Pg11), remplacer le dernier digit par 1 (exemple XCSPA592 devient XCSPA591).  
 (3) Autres modèles voir [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

**Entrée ISO (selon EN 50262)**

① 21 13 33  
22 14 34

Contact tripolaire  
Action dépendante  
("O+F+F")

① 21 31 13  
22 32 14

Contact tripolaire  
Action dépendante  
("O+O+F")

Sans verrouillage

Avec verrouillage, déverrouillage manuel  
Par bouton

Par serrure à clé

Verrouillage par manque de tension de l'électro-aimant (1)

Interrupteurs métalliques	Type XCSA/B/C 1 entrée câble ISO M20 (2)	Type XCSLF 3 entrées câble ISO M20
Vitesse d'attaque (mini → maxi)	0,1 m/s → 0,5 m/s	0,1 m/s → 0,5 m/s
Degré de protection	IP 67	IP 67 + IP 66
Caractéristiques assignées d'emploi (selon EN IEC 60947-5-1)	AC 15, A 300 / DC 13, Q 300	AC 15, B 300 / DC 13, Q 300
Encombrement corps + tête L x P x H	40 x 44 x 113,5 mm	52 x 44 x 113,5 mm
Tension d'alimentation de l'électro-aimant	-	24 VAC/DC
Appareil complet	"O+F+F" 2 F décalés à action dépendante "O+O+F" F décalé à action dépendante "O+F" F décalé à action dépendante "O+O" à action dépendante	XCSA502 ⊕ XCSB502 ⊕ XCSC502 ⊕ XCSA702 ⊕ XCSB702 ⊕ XCSC702 ⊕ XCSLF3535312 ⊕ XCSLF3535412 ⊕ XCSLF3737312 ⊕ XCSLF3737412 ⊕ XCSLF2525312 ⊕ XCSLF2727312 ⊕

- (1) Pour verrouillage à la mise sous tension de l'électro-aimant, voir [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com).  
 (2) Entrée de câble pour presse-étoupe 13 (Pg13,5), remplacer le dernier digit par 1 (exemple XCSA502 devient XCSA501).

## Accessoires



Pour interrupteurs de sécurité XCSMP	Clés d'actionnement			
Références	XCSZ81	XCSZ84	XCSZ83	XCSZ85



Pour interrupteurs de sécurité XCSPA/TA/TE	Clés d'actionnement				Dispositif
Références	XCSZ11	XCSZ12	XCSZ14	XCSZ13	XCSZ21

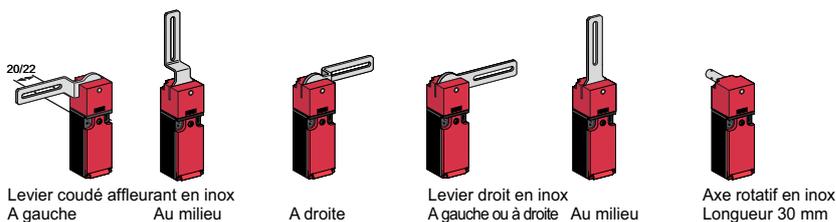
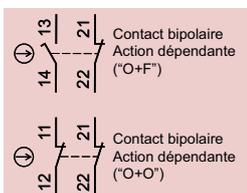
(1) Clé large L = 29 mm = XCSZ15.



Pour interrupteurs de sécurité XCSA/B/C/LE/LF	Clés d'actionnement			Verrou de porte
Références	XCSZ01	XCSZ02	XCSZ03	XCSZ05

## Interrupteurs de sécurité A levier et à axe rotatif

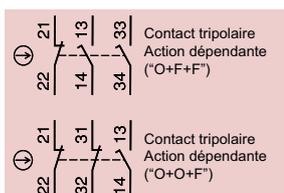
Entrée ISO  
(selon EN 50262)



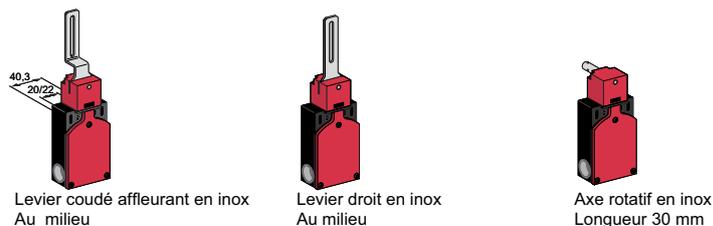
<b>Interrupteurs en plastique</b>		<b>Type XCSPL à levier ou XCSPR à axe rotatif</b>				
		1 entrée câble ISO M16 (1)				
<b>Couple minimal</b> (d'actionnement / d'ouverture positive)		0,1 / 0,25 N.m				
<b>Degré de protection</b>		IP 67				
<b>Caractéristiques assignées d'emploi</b>		AC 15, A 300 / DC 13, Q 300 (selon EN IEC 60947-5-1)				
<b>Encombrement corps + tête L x P x H</b>		30 x 30 x 160 mm			30 x 30 x 96 mm	
<b>Angle de déclenchement</b>		5°				
<b>Appareil complet</b>	"O+F" décalé à action dépendante	XCSPL592 (↔)	XCSPL582 (↔)	XCSPL572 (↔)	XCSPL562 (↔)	XCSPR552 (↔)
	"O+O" à action dépendante	XCSPL791 (2) (↔)	XCSPL781 (2) (↔)	XCSPL771 (2) (↔)	XCSPL762 (↔)	XCSPR752 (↔)
	"O+F+F" à action dépendante	–	–	–	XCSPL862 (↔)	–
	"O+O+F" à action dépendante	–	XCSPL981 (2) (↔)	–	XCSPL962 (↔)	XCSPR952 (↔)

(1) Entrée de câble pour presse-étoupe 11 (Pg11), remplacer le dernier digit par 1 (exemple XCSPL592 devient XCSPL591).

(2) Entrée de câble pour presse-étoupe ISO M20, commander un adaptateur DE9RA1620 (vente par 5).



Entrée ISO  
(selon EN 50262)

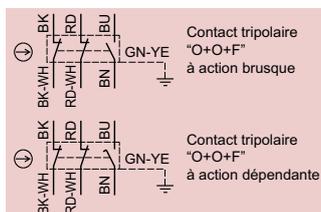


<b>Interrupteurs en plastique</b>		<b>Type XCSTL à levier ou XCSTR à axe rotatif</b>		
		2 entrées câble ISO M16 (1)		
<b>Couple minimal</b> (d'actionnement / d'ouverture positive)		0,1 / 0,45 N.m		
<b>Degré de protection</b>		IP 67		
<b>Caractéristiques assignées d'emploi</b>		AC 15, A 300 / DC 13, Q 300 (selon EN IEC 60947-5-1)		
<b>Encombrement corps + tête L x P x H</b>		52 x 30 x 180 mm		52 x 30 x 117 mm
<b>Angle de déclenchement</b>		5°		
<b>Appareil complet</b>	"O+F+F" 2F décalés à action dépendante	XCSTL582 (↔)	XCSTL552 (↔)	XCSTR552 (↔)
	"O+O+F" F décalé à action dépendante	XCSTL782 (↔)	XCSTL752 (↔)	XCSTR752 (↔)

(1) Entrée de câble pour presse-étoupe 11 (Pg11), remplacer le dernier digit par 1 (exemple XCSTL582 devient XCSTL581).

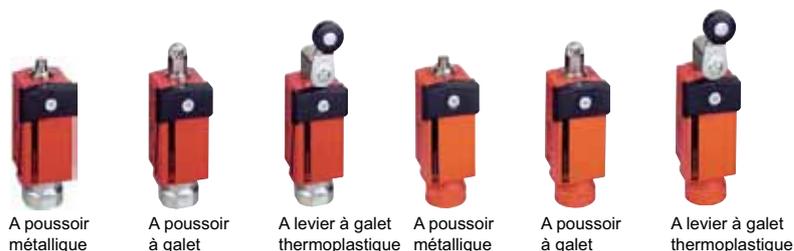
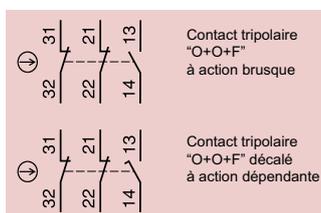
# Interrupteurs de position

## Interrupteurs de position de sécurité



Interrupteurs miniatures	Type XCSM métalliques câble longueur = 1m (1)		
Vitesse d'attaque maxi	0,5 m/s	0,5 m/s	1,5 m/s
Effort ou couple minimal (d'actionnement / d'ouverture positive)	8,5 N / 42,5 N	7 N / 35 N	0,5 N.m / 0,1 N.m
Degré de protection	IP 66 + IP 67 + IP 68	IP 66 + IP 67 + IP 68	IP 66 + IP 67 + IP 68
Encombrement corps + tête L x P x H	30 x 16 x 60 mm	30 x 16 x 70,5 mm	30 x 32 x 92,5 mm
Appareil complet	"O + O + F" action brusque	XCSM3910L1 (↻)	XCSM3902L1 (↻)
	"O + O + F" action dépendante	XCSM3710L1 (↻)	XCSM3702L1 (↻)
			XCSM3915L1 (↻)
			XCSM3715L1 (↻)

(1) Pour une longueur de câble de 2 m, remplacer le dernier digit par 2 (exemple XCSM3910L1 devient XCSM3910L2).  
 Pour une longueur de câble de 5 m, remplacer le dernier digit par 5 (exemple XCSM3910L1 devient XCSM3910L5).

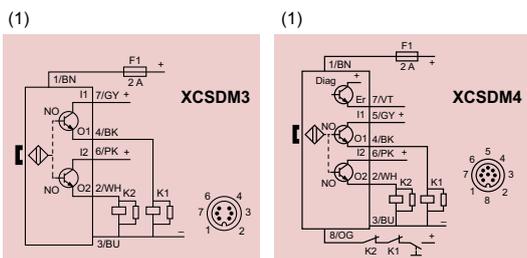


Interrupteurs compacts	Type XCSD métalliques à 1 entrée de câble ISO M20 x 1,5 (2)			Type XCSP en plastique à 1 entrée de câble ISO M20 x 1,5 (2)		
	Vitesse d'attaque maxi	0,5 m/s	1,5 m/s	0,5 m/s	0,5 m/s	1,5 m/s
Effort ou couple minimal (d'actionnement / d'ouverture positive)	15 N / 45 N	12 N / 36 N	10 N.m / 0,1 N.m	15 N / 45 N	12 N / 36 N	10 N.m / 0,1 N.m
Degré de protection	IP 66 + IP 67			IP 66 + IP 67		
Encombrement corps + tête L x P x H (mm)	34 x 34,5 x 89	34 x 34,5 x 99,5	34 x 43 x 121,5	34 x 34,5 x 89	34 x 34,5 x 99,5	34 x 43 x 121,5
Appareil complet	"O + O + F" action brusque	XCSD3910P20	XCSD3902P20	XCSD3918P20	XCSP3910P20	XCSP3902P20
	"O + O + F" action dépendante	XCSD3710P20	XCSD3702P20	XCSD3718P20	XCSP3710P20	XCSP3702P20
						XCSP3918P20
						XCSP3718P20

(2) Autres entrées de câble PG13,5 et 1/2" NPT, consulter [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

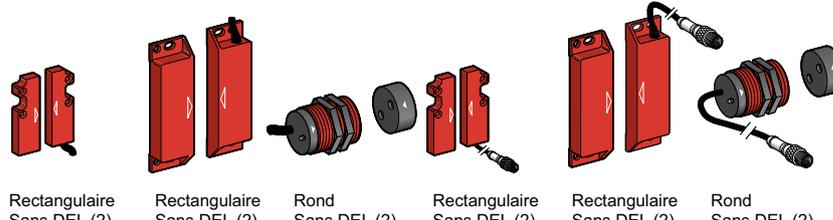
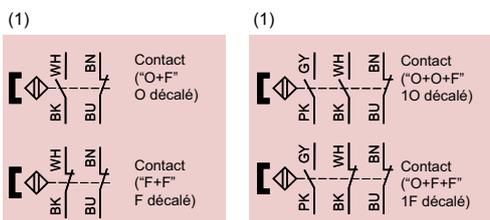
# Preventa Technologie magnétique codée

## Détection Système magnétiques codés (intelligence intégrée)



Niveau de protection de système Avec module de sécurité intégré		SIL2/Catégorie 3 XCSDM3	SIL3/Catégorie 4 XCSDM4	
Appareils pour attaque		Face à face, côte à côte, face à côte		
Degré de protection		Sortie câble: IP66 / IP67, IP69K, sortie connecteur: IP67		
Type de sortie		2 sorties statiques PNP/NO, 1,5 A / 24VDC (2 A jusqu'à 60°C)		
Caractéristiques assignées d'emploi		Ub: 24 VDC +10% - 20%		
Encombrements L x P x H		34 x 27 x 100 mm		
Domaine de fonctionnement		Sao= 10 mm / Sar= 20 mm		
Références	Raccordement	par câble L= 2m	XCSDM379102	XCSDM480102
		par câble L= 5m	XCSDM379105	XCSDM480105
		par câble L= 10m	XCSDM379110	XCSDM480110
		par connecteur M12	XCSDM3791M12	XCSDM4801M12

## Interrupteurs magnétiques codés en plastique

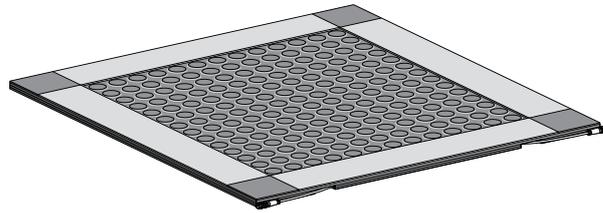


Type de câblage des interrupteurs	Par câble L = 2m XCSDM			Par connecteur déporté L = 10 cm (4) Sortie			
Appareils pour attaque	Face à face, face à côte, côte à côte		Face à face	Face to face, face to side, side to side		Face to face	
Degré de protection	IP 66 + IP 67			IP 66 + IP 67			
Type de contact	REED			REED			
Caractéristiques assignées d'emploi	Ue = 24 VDC, Ie = 100 mA			Ue = 24 VDC, Ie = 100 mA			
Encombrement L x P x H	16 x 7 x 51 mm	25 x 13 x 88 mm	M30 x 38,5 mm	16 x 7 x 51 mm	25 x 13 x 88 mm	M30 x 38,5 mm	
Domaine de fonctionnement (3)	Sao = 5 / Sar = 15	Sao = 8 / Sar = 20		Sao = 5 / Sar = 15	Sao = 8 / Sar = 20		
Appareil avec aimant codé	"O+F", O décalé	XCSDMC5902	XCSDMP5902	XCSDMR5902	XCSDMC590L01M8	XCSDMP590L01M12	XCSDMR590L01M12
	"F+F", F décalé	XCSDMC7902	XCSDMP7902	XCSDMR7902	XCSDMC790L01M8	XCSDMP790L01M12	XCSDMR790L01M12
	"O+O+F", 1O décalé	-	XCSDMP7002	-	-	XCSDMP500L01M12	-
	"O+F+F", 1F décalé	-	-	-	-	XCSDMP700L01M12	-

- (1) Schéma représenté en présence de l'aimant, contact actionné.  
 (2) Pour version avec DEL, remplacer l'avant dernier digit 0 par un 1 (exemple XCSDMC5902 devient XCSDMC5912).  
 (3) Sao (mm) : portée de travail assurée. Sar : portée de déclenchement assurée.  
 (4) Prolongateurs associés, voir catalogue " Solution de sécurité "

# Preventa Tapis

## Détection Tapis de sécurité<sup>(1)</sup>



(1) Pour une mise en œuvre simplifiée, voir l'outil de configuration "Protect Area design". Référence: SISCD104200

Catégorie maximale d'utilisation (EN 954-1)	Catégorie 3			
Degré de protection	IP 67			
Temps de réponse (s)	Tapis seul : 20 ms, avec module XPSAK ≤ 40 ms, XPSMP < 30 ms			
Sensibilité	Tapis seul > 20 kg / Tapis assemblés > 35 kg			
Charge maxi	2000 N/cm <sup>2</sup>			
Type de sortie (1)	Par connecteur M8 (1 mâle / 1 femelle) déporté par câble L = 100 mm			
Encombrement L x P x H	500 x 500 x 11 mm	500 x 750 x 11 mm	750 x 750 x 11 mm	750 x 1250 x 11 mm
Références	<b>XY2TP1</b>	<b>XY2TP2</b>	<b>XY2TP3</b>	<b>XY2TP4</b>

(1) Rallonge et prolongateur associés, voir [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com).

		Accessoires								
Rails (par 2)	Longueur	194 mm	394 mm	444 mm	494 mm	644 mm	694 mm	744 mm	1194 mm	1244 mm
Références		<b>XY2TZ10</b>	<b>XY2TZ20</b>	<b>XY2TZ30</b>	<b>XY2TZ40</b>	<b>XY2TZ50</b>	<b>XY2TZ60</b>	<b>XY2TZ70</b>	<b>XY2TZ80</b>	<b>XY2TZ90</b>

Angles et connecteurs de rail	Angles extérieurs (par 4)	Angle intérieur + angle extérieur	Connecteurs de rail L = 56 mm avec sortie pour câble (par 2)	Connecteurs de rail L = 6 mm (par 2)
Références	<b>XY2TZ4</b>	<b>XY2TZ5</b>	<b>XY2TZ1</b>	<b>XY2TZ2</b>

## Logiciel d'aide au choix



		Protect Area Design (2)
Pour barrières		XY2TP
Référence		Téléchargement sur <a href="http://Schneider-Electric.com">Schneider-Electric.com</a>

(2) Le logiciel "Protect Area Design" est intégré dans **SafetySuite V2**

# Preventa

## Détection

# Barrières immatérielles

## Type 2 selon IEC 61496-2



### Fonctions de la barrière

- Auto/Manuel,
- Surveillance des relais externes (EDM : External Devices Monitoring),
- Visualisation des modes de fonctionnement par DEL.

Type		Multifaisceau à émission infrarouge	
Gamme Micro		Démarrage manuel	Démarrage automatique
Portée nominale (Sn)		0,3...15 m	
Capacité de détection		30 mm "mains"	
Nombre de sorties de sécurité		2 statiques PNP	
Temps de réponse (selon modèle)		14...24 ms	
Raccordement		Connecteurs M12	
Hauteurs Protégées (mm)	150	XUSLNG5D0150	XUSLNG5C0150
	300	XUSLNG5D0300	XUSLNG5C0300
	450	XUSLNG5D0450	XUSLNG5C0450
	600	XUSLNG5D0600	XUSLNG5C0600
	750	XUSLNG5D0750	XUSLNG5C0750
	900	XUSLNG5D0900	XUSLNG5C0900
	1050	XUSLNG5D1050	XUSLNG5C1050
	1200	XUSLNG5D1200	XUSLNG5C1200
	1350	XUSLNG5D1350	XUSLNG5C1350
1500	XUSLNG5D1500	XUSLNG5C1500	

		Accessoires		
Longueur		3 m	10 m	30 m
Prolongateur pour XUSLN (câble blindé)	Pour récepteur	XSZNCR03	XSZNCR10	XSZNCR30
	Pour émetteur	XSZNCT03	XSZNCT10	XSZNCT30

## Type 2 selon IEC 61496-1 et 2

### Fonctions de la barrière

- Auto/Manuel,
- Surveillance des relais externes (EDM : External Devices Monitoring),
- Visualisation des modes de fonctionnement par DEL,
- Muting intégré.



Type		Monofaisceau à émission infrarouge	
Hauteur protégée (selon prEN 999)		750...1200 mm (1 à 4 faisceaux)	
Portée nominale (Sn)		8 m	
Nombre de circuits	de sécurité	2"F"	
	supplémentaires	4 statiques	
Temps de réponse		< 25 ms	
Modules (fonction muting intégrée)		24 VDC	XPSCM1144P (1)
Couples barrages visée axiale	Sortie câble L = 5m	PNP	XU2S18PP340L5 (2)
	Sortie connecteur M12	PNP	XU2S18PP340D (2)

(1) Pour version non débrochable, enlever P à la fin de la référence. Exemple XPSCM1144P devient XPSCM1144.

(2) Pour une visée à 90°, ajouter W dans la référence. Exemple XU2S18PP340L5 devient XU2S18PP340WL5.

# Preventa

## Détection

# Barrières immatérielles

## Type 4 selon IEC 61496-2



### Fonctions accessibles par câblage seul

- Démarrage Automatique
- Sortie auxiliaire (Recopie de type PNP)
- Aide à l'alignement par visualisation de chaque faisceau coupé,
- Visualisation des modes de fonctionnement et de défauts par DEL

Type	Multifaisceau à émission infrarouge		Barrières cascables	
	Barrières		Barrières cascables	
<b>Portée nominale (Sn)</b>	0,3...7 ou 3 m avec le boîtier PDM (2)	0,3...8 ou 20 m avec le boîtier PDM (2)	0,3...7 ou 3 m avec le boîtier PDM (2)	0,3...20 ou 8 m avec le boîtier PDM (2)
<b>Capacité de détection</b>	14 mm "doigts"	30 mm "mains"	14 mm "doigts"	30 mm "mains"
<b>Nombre de circuits</b>	2 statiques PNP		2 statiques PNP	
<b>Temps de réponse (selon modèle)</b>	23...41 ms		23...41 ms	23...32 ms
<b>Raccordement</b>	connecteur M12			
<b>Fonction accessibles via le boîtier de programmation et de diagnostic</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Auto/Manuel</li> <li>■ Surveillance des relais externes (EDM : External Devices Monitoring)</li> <li>■ Test (MTS : Monitoring Test Signal),</li> <li>■ Codage des faisceaux (A ou B)</li> <li>■ Portée (courte, longue)</li> <li>■ Programmation et téléchargement des paramètres de configuration, par boîtier de programmation et de diagnostic (PDM)</li> <li>■ Visualisation des modes de fonctionnement et de défauts par DEL et/ou boîtier PDM (2)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Auto/Manuel, manuel 1er cycle</li> <li>■ Surveillance des relais externes (EDM : External Devices Monitoring)</li> <li>■ Test (MTS : Monitoring Test Signal),</li> <li>■ Blanking (ECS/B), Blanking surveillé, Floating Blanking (FB)</li> <li>■ Réduction de résolution</li> <li>■ Temps de réponse (normal, lent)</li> <li>■ Codage des faisceaux (A ou B)</li> <li>■ Portée (courte, longue)</li> <li>■ Sortie auxiliaire (alarme ou recopie, PNP ou NPN)</li> <li>■ Bouton de démarrage (NO ou NF, 0 V ou 24 V)</li> <li>■ Muting</li> <li>■ Visualisation des modes de fonctionnement et de défauts par DEL et/ou boîtier PDM (2)</li> </ul>	
<b>Emetteur + récepteur</b>	(1) Hauteur protégée (mm)			
	280	XUSLBQ6A0280	–	XUSLDMQ6A0280
	320	–	–	XUSLDMQ6A0320
	360	XUSLBQ6A0360	XUSLBR5A0360	–
	440	XUSLBQ6A0440	–	XUSLDMQ6A0440
	520	XUSLBQ6A0520	XUSLBR5A0520	XUSLDMQ6A0520
	600	XUSLBQ6A0600	–	XUSLDMQ6A0600
	680	–	XUSLBR5A0680	–
	720	XUSLBQ6A0720	–	XUSLDMQ6A0720
	880	XUSLBQ6A0880	XUSLBR5A0880	XUSLDMQ6A0880
	1040	–	XUSLBR5A1040	–
	1200	–	XUSLBR5A1200	–
	1400	–	XUSLBR5A1400	–
	1560	–	XUSLBR5A1560	–
				XUSLDMY5A0360
				XUSLDMY5A0520
				XUSLDMY5A0680
				XUSLDMY5A0880
				XUSLDMY5A1040
				XUSLDMY5A1400
				XUSLDMY5A1560

Type	Segments pour barrières cascables	
<b>Capacité de détection</b>	14 mm "doigts"	30 mm "mains"
<b>Emetteur + récepteur</b>	Hauteur protégée (mm)	
	280	XUSLDSQ6A0280
	320	XUSLDSQ6A0320
	360	–
	440	XUSLDSQ6A0440
	520	XUSLDSQ6A0520
	600	XUSLDSQ6A0600
	680	–
	720	XUSLDSQ6A0720
	880	XUSLDSQ6A0880
	1040	–
	1400	–
	1560	–
		XUSLDSY5A0360
		XUSLDSY5A0520
		XUSLDSY5A0680
		XUSLDSY5A0880
		XUSLDSY5A1040
		XUSLDSY5A1400
		XUSLDSY5A1560

## Type 4 selon IEC 61496-2

### Fonctions de la barrière

- Auto/Manuel/Manuel 1<sup>er</sup> cycle
- Surveillance des relais externes (EDM : External Devices Monitoring),
- Entrée test (MTS : Monitoring Test Signal),
- Aide à l'alignement par visualisation de chaque faisceau coupé,
- Visualisation des modes de fonctionnement et alarme par DEL,
- Codage des faisceaux.



Type			Monofaisceau et multifaisceau à émission infrarouge			
Gamme compacte			Emetteur/récepteur	Emetteur/récepteur passif		
Portée nominale (Sn)			0,8...20 ou 70 m (selon config)	0,8...8 m		
Capacité de détection			Corps			
Nombre de sorties	de sécurité		2 statiques PNP			
	auxiliaire (alarme ou recopie)		1 statique PNP			
Temps de réponse (selon modèle)			16...24 ms			
Raccordement			Connecteurs M12 (1)	Connecteurs M12		
Faisceaux	Intervalle	Nombre	–	1	XUSLPZ1AM	–
			300 mm	4	XUSLPZ4A300M	–
	400 mm	5	XUSLPZ5A300M	–		
		6	XUSLPZ6A300M	–		
		3	XUSLPZ3A400M	–		
		2	XUSLPZ2A500M	XUSLPB2A500M		
	500 mm	3	XUSLPZ3A500M	–		
		2	XUSLPZ2A600M	XUSLPB2A600M		
600 mm	2	XUSLPZ2A600M	XUSLPB2A600M			

(1) Barrières avec sortie sur connecteur M12, pour une sortie sur bornier, remplacer le **M** à la fin de la référence par **B**. Exemple : XUSLPZ1AM devient XUSLPZ1AB

## Accessoires de câblage

Type			Prolongateurs			
Longueur			5 m	10 m	15 m	30 m
Prolongateur pour (câble blindé)	XUSLT	Pour récepteur	XSZTCR05	XSZTCR10	XSZTCR15	XSZTCR30
		Pour émetteur	XSZTCT05	XSZTCT10	XSZTCT15	XSZTCT30
	XUSLB/XUSLDM	Pour récepteur	XSZBCR05	XSZBCR10	XSZBCR15	XSZBCR30
		Pour émetteur	XSZBCT05	XSZBCT10	XSZBCT15	XSZBCT30
	XUSLP	Pour récepteur	XSZPCR05	XSZPCR10	XSZPCR15	XSZPCR30
		Pour émetteur	XSZPCT05	XSZPCT10	XSZPCT15	XSZPCT30

Type			Rallonges pour segments XUSLDS						
Longueur			0,3 m	0,5 m	1 m	2 m	2 m	5 m	10 m
Référence	Pour récepteur		XSZDCR003	XSZDCR005	XSZDCR010	XSZDCR020	XSZDCR030	XSZDCR050	XSZDCR100
		Pour émetteur	XSZDCT003	XSZDCT005	XSZDCT010	XSZDCT020	XSZDCT030	XSZDCT050	XSZDCT100

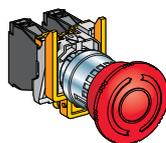
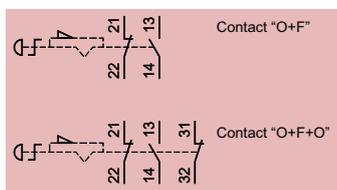
## Accessoires de réglage



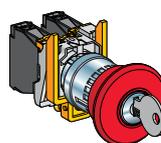
Type	Boîtier de programmation et de diagnostic	Laser d'alignement
Pour barrières	XUSLB / XUSLDM	Toutes XUSL
Référence	XUSLPDM	XUSLAT1

## Preventa Dialogue opérateur

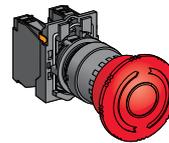
## Arrêts d'urgence Boutons Ø 22 à verrouillage brusque



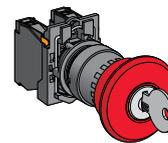
Tourner pour déverrouiller



Déverrouillage par clé n° 455



Tourner pour déverrouiller

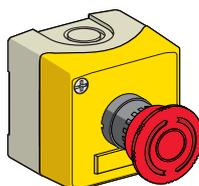
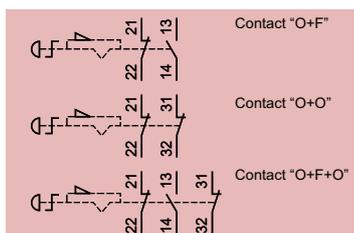


Déverrouillage par clé n° 455

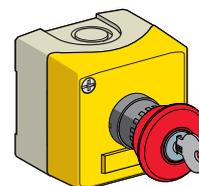
Boutons	Métallique	Plastique	
<b>Endurance mécanique</b> (millions de cycles de manœuvre)	0,3	0,3	
<b>Tenue aux chocs / vibrations</b>	10 gn / 5 gn	10 gn / 5 gn	
<b>Degré de protection</b>	IP 65	IP 65	
<b>Caractéristiques assignée d'emploi</b>	AC 15, A 600 / DC 13, Q 600 (selon EN IEC 60947-5-1)		
<b>Encombrement Ø x P</b>	Ø 40 x 82 mm	Ø 40 x 104 mm	Ø 40 x 81,5 mm
<b>Contact</b>	"O + F" <b>XB4BS8445</b>	<b>XB4BS9445</b>	<b>XB5AS8445</b>
	2 "O" + 1 "F" <b>XB4BS8441</b>	<b>ZB4BS944+ZB4BZ141</b>	<b>ZB5AS944+ZB5AZ141</b>

Entrée ISO (selon EN 50262)

## Boîte pour boutons Ø 22 à verrouillage brusque



Tourner pour déverrouiller



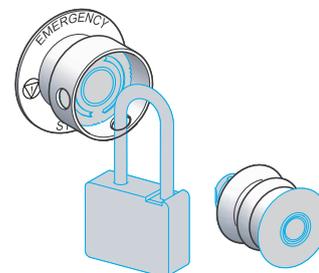
Déverrouillage par clé n° 455

Boîte	Plastique	
	2 entrées de câble pour ISO M20 ou presse-étoupe 13 (Pg13,5)	
<b>Endurance mécanique</b> (millions de cycles de manœuvre)	0,1	0,1
<b>Tenue aux chocs / vibrations</b>	10 gn / 5 gn	10 gn / 5 gn
<b>Degré de protection</b>	IP 65	IP 65
<b>Caractéristiques assignée d'emploi</b>	AC 15, A 600 / DC 13, Q 600 (selon EN IEC 60947-5-1)	
<b>Encombrement L x P x H</b>	68 x 91 x 68 mm	68 x 113 x 68 mm
<b>Contact</b>	"O + F" <b>XALK178E</b>	<b>XALK188E</b>
	"O + O" <b>XALK178F</b>	<b>XALK188F</b>
	2 "O" + 1 "F" <b>-</b>	<b>XALK188G</b>

## Accessoires



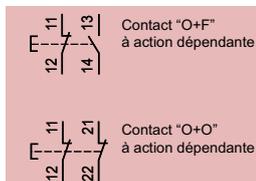
Avec porte-étiquette



Type	Étiquettes		Kit cadenassable	Soufflet d'étanchéité	
<b>Couleur</b>	Rouge, lettres blanches	Jaune, lettres noires	Jaune	Rouge Silicone	Noir EPDM
<b>Dimensions</b>	30 x 40 mm aspect rond	Ø 60 mm			
<b>Références</b>	<b>Marquage :</b> "Arrêt d'urgence" <b>ZBY2130</b>	<b>ZBY9130</b>	-	-	-
	"Emergency stop" <b>ZBY2330</b>	<b>ZBY9330</b>	-	-	-
	"Not Halt" <b>ZBY2230</b>	<b>ZBY9230</b>	-	-	-
	-	-	<b>ZBZ3605</b>	<b>ZBZ48</b>	<b>ZBZ28</b>

## Arrêts d'urgence A commande par câble

Entrée ISO  
(selon EN 50262)



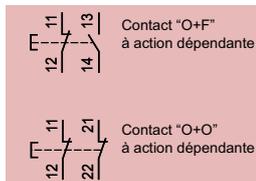
Par poussoir capuchonné

Par poussoir à clé n° 421

Avec voyant de signalisation

Pour câble de longueur ≤ 15 m	A accrochage sans voyant de signalisation		Avec voyant de signalisation
	1 entrée de câble ISO M20 (1)		
Endurance mécanique (millions de cycles de manœuvre)	0,01		
Tenue aux chocs / vibrations	50 gn / 10 gn		
Degré de protection	IP 65		
Caractéristiques assignée d'emploi	AC 15, A300 / DC 13, Q300 (selon EN IEC 60947-5-1)		
Encombrement L x P x H	201 x 71 x 68 mm		
Longueur du câble	≤ 15 m		
Ancrage du câble	A droite ou à gauche		
Contact	1 "O + F" à action dépendante	XY2CH13250H29	XY2CH13450H29
	1 "O + O" à action dépendante	XY2CH13270H29	XY2CH13470H29
			XY2CH13253
			XY2CH13273

(1) Entrée de câble pour presse-étoupe 13 (Pg13,5), enlever H29 à la fin de la référence (exemple XY2-CH13250H29 devient XY2-CH13250).



Par poussoir capuchonné



Par poussoir à clé n° 421

Pour câble de longueur ≤ 50 m	A accrochage sans voyant de signalisation			
	3 entrées de câble ISO M20 ou presse-étoupe 13 (Pg13,5)			
Endurance mécanique (millions de cycles de manœuvre)	0,01		0,01	
Tenue aux chocs / vibrations	50 gn / 10 gn		50 gn / 10 gn	
Degré de protection	IP 65		IP 65	
Caractéristiques assignée d'emploi	AC 15, A300 / DC 13, Q300 (selon EN IEC 60947-5-1)			
Encombrement L x P x H	229 x 82 x 142 mm		229 x 82 x 142 mm	
Longueur du câble	≤ 50 m		≤ 50 m	
Ancrage du câble	A gauche	A droite	A gauche	A droite
Contact	1 "O + F" à action dépendante	XY2CE2A250	XY2CE1A250	XY2CE2A450
	1 "O + O" à action dépendante	XY2CE2A270	XY2CE1A270	XY2CE2A470
	2 "O + F" à action dépendante	XY2CE2A290 (2)	XY2CE1A290 (2)	XY2CE2A490 (2)
				XY2CE1A450
				XY2CE1A470
				XY2CE1A290 (2)

(2) Avec voyant 24 V - 48 V - 130 V, lampe BA9S non fournie, ajouter 6 à la fin de la référence. (exemple : XY2CE1A290 devient XY2CE1A296).

Avec voyant 230 V, lampe BA9S fournie, ajouter 7 à la fin de la référence. (exemple : XY2CE1A290 devient XY2CE1A297).

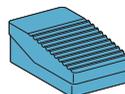
# Preventa

## Interrupteurs à pédale métalliques

### Dialogue opérateur

### Interrupteurs à pédale simple

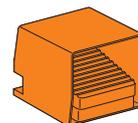
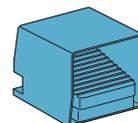
Entrée ISO  
(selon EN 50262)



Type		Interrupteurs à pédale sans capot de protection			
		2 entrées de câble pour presse-étoupe 16 (Pg16) (1)			
Dispositif de verrouillage au repos		Avec		Sans	
Couleur		Orange		Bleu	Orange
Endurance mécanique (millions de cycles de manœuvres)		15			
Degré de protection		IP 66			
Résistance aux chocs		100 joules			
Caractéristiques assignées d'emploi		AC 15, A 300 / DC 13, Q 300 (selon EN IEC 60947-5-1)			
Encombrement L x P x H		104 x 172 x 59 mm			
Fonctionnement des contacts	1 cran	1 "O + F"	XPER810	XPEM110	XPER110
		2 "O + F"	XPER811	XPEM111	XPER111
	2 crans	2 "O + F"	XPER911	XPER211	XPER211
		A sortie analogique	2 "O + F"	XPER229	-

(1) Entrée de câble pour presse-étoupe ISO M20, commander un adaptateur DE9RA1620 (vente par 5).

Entrée ISO  
(selon EN 50262)

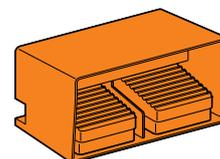
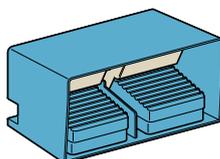


Type		Interrupteurs à pédale avec capot de protection			
		2 entrées de câble pour presse-étoupe 16 (Pg16) (1)			
Dispositif de verrouillage au repos		Avec		Sans	
Couleur		Bleu	Orange	Bleu	Orange
Endurance mécanique (millions de cycles de manœuvres)		15			
Degré de protection		IP 66			
Résistance aux chocs		100 joules			
Caractéristiques assignées d'emploi		AC 15, A 300 / DC 13, Q 300 (conforming to EN IEC 60947-5-1)			
Encombrement L x P x H		160 x 186 x 152 mm			
Fonctionnement des contacts	1 cran	1 "O + F"	XPEM510	XPER510	XPEM310
		2 "O + F"	XPEM511	XPER511	XPEM311
	1 cran à accrochage	1 "O + F"	-	-	XPEM410
	2 crans	2 "O + F"	XPEM711	XPER711	XPEM611
		A sortie analogique	2 "O + F"	XPEM529	XPER529

(1) Entrée de câble pour presse-étoupe ISO M20, commander un adaptateur DE9RA1620 (vente par 5).

Entrée ISO  
(selon EN 50262)

### Interrupteurs à pédale double



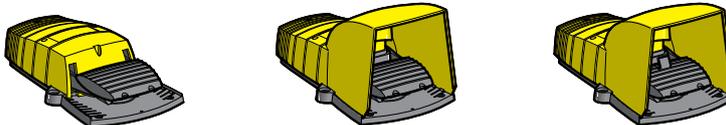
Type		Interrupteurs à pédale avec capot de protection			
		2 entrées de câble pour presse-étoupe 16 (Pg16) (1)			
Dispositif de verrouillage au repos		Avec		Sans	
Couleur		Bleu	Orange	Bleu	Orange
Endurance mécanique (millions de cycles de manœuvres)		15			
Degré de protection		IP 66			
Résistance aux chocs		100 joules			
Caractéristiques assignées d'emploi		AC 15, A 300 / DC 13, Q 300 (selon EN IEC 60947-5-1)			
Encombrement L x P x H		295 x 190 x 155 mm			
Fonctionnement des contacts	1 cran	2 x 1 "O + F"	XPEM5100D	XPER5100D	XPEM3100D
		2 x 2 "O + F"	XPEM5110D	XPER5110D	XPEM3110D

(1) Entrée de câble pour presse-étoupe ISO M20, commander un adaptateur DE9RA1620 (vente par 5).

# Interrupteurs à pédale en plastique

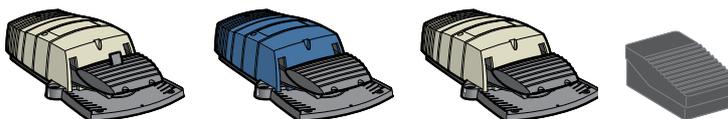
## Interrupteurs à pédale simple

Entrée ISO  
(selon EN 50262)



Type		Sans capot de protection		Avec capot de protection	
		2 entrées de câble pour presse-étoupe ISO M20			
Dispositif de verrouillage au repos		Sans		Avec	
Couleur		Jaune		Jaune	
Endurance mécanique (millions de cycles de manœuvres)		5			
Degré de protection		IP 55			
Résistance aux chocs		30 joules			
Caractéristiques assignées d'emploi		AC 15, A 300 / DC 13, Q 300 (selon EN IEC 60947-5-1)			
Encombrement L x P x H		160 x 280 x 70 mm		160 x 280 x 162 mm	
Fonctionnement des contacts	1 cran	1 "O + F"	XPEY110	XPEY310	XPEY510
		2 "O + F"	–	XPEY311	XPEY511
	2 crans	2 "O + F"	XPEY211	XPEY611	XPEY711

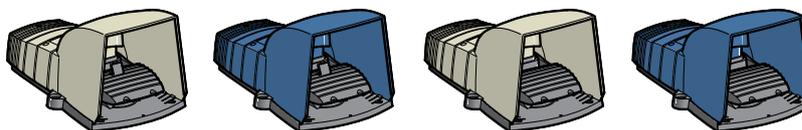
Entrée ISO  
(selon EN 50262)



Type		Interrupteurs à pédale sans capot de protection			1 entrée (1)
		2 entrées de câble pour presse-étoupe ISO M20			
Dispositif de verrouillage au repos		Avec	Sans		Sans
Couleur		Gris	Bleu	Gris	Noir
Endurance mécanique (millions de cycles de manœuvres)		10			
Degré de protection		IP 66			
Résistance aux chocs		100 joules			
Caractéristiques assignées d'emploi		AC 15, A 300 / DC 13, Q 300 (selon EN IEC 60947-5-1)			
Encombrement L x P x H		160 x 280 x 70 mm			94 x 161 x 54 mm
Fonctionnement des contacts	1 cran	1 "O + F"	XPEG810	XPEB110	XPEG110
		2 "O + F"	–	XPEB111	XPEG111
	2 crans	2 "O + F"	XPEG911	XPEB211	XPEG211

(1) Entrée de câble pour presse-étoupe ISO M16 ou 9 (Pg9) et pour presse-étoupe ISO M20 ou 13 (Pg13,5)

Entrée ISO  
(selon EN 50262)



Type		Interrupteurs à pédale avec capot de protection			
		2 entrées de câble pour presse-étoupe ISO M20			
Dispositif de verrouillage au repos		Avec		Sans	
Couleur		Gris	Bleu	Gris	Bleu
Endurance mécanique (millions de cycles de manœuvres)		10			
Degré de protection		IP 66			
Résistance aux chocs		100 joules			
Caractéristiques assignées d'emploi		AC 15, A 300 / DC 13, Q 300 (selon EN IEC 60947-5-1)			
Encombrement L x P x H		160 x 280 x 162 mm			
Fonctionnement des contacts	1 cran	1 "O + F"	XPEG510	XPEB510	XPEG310
		2 "O + F"	XPEG511	XPEB511	XPEG311
	2 crans	2 "O + F"	XPEG711	XPEB711	XPEG611

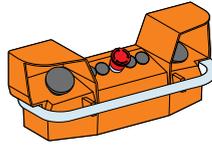
# Preventa

## Dialogue opérateur

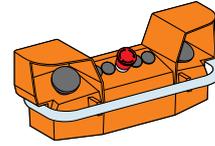
# Auxiliaires de commande

## Commande bimanuelle

Entrée ISO  
(selon EN 50262)



2 boutons-poussoirs de commande et 1 "coup de poing"  
Arrêt d'urgence ou Arrêt sélectif



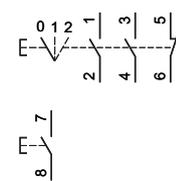
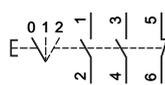
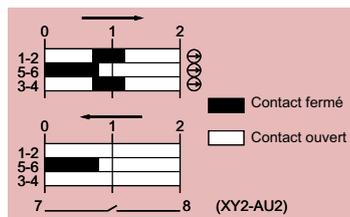
2 boutons-poussoirs de commande et 1 "coup de poing"  
Arrêt d'urgence ou Arrêt sélectif avec bornier câblé

Type	Pupitres de commande bimanuelle	
	2 entrées de câbles pour presse-étoupe ISO M20 ou 13 (Pg13,5), 1 entrée de câble pour presse-étoupe 21 (Pg21) (2)	
Endurance mécanique (millions de cycles de manœuvres)	1	1
Degré de protection	IP 65	IP 65
Caractéristiques assignées d'emploi	AC 15, A 600 / DC 13, Q 600 (selon EN IEC 60947-5-1)	
Encombrement L x P x H	455 x 170 x 188,5 mm	
Arrêt d'urgence rouge ("O + O" dépendant)	XY2SB71 (1)	XY2SB72 (1)
Arrêt sélectif jaune ("O + F" décalé)	XY2SB75	XY2SB76

- (1) Pour une commande bimanuelle avec pied XY2SB90, ajouter 4 à la fin de la référence (exemple XY2SB71 devient XY2SB714).  
 (2) Entrée de câble pour presse-étoupe ISO M25, commander un adaptateur DE9RA2125 + écrou DE9EC21 (vente par 5).

## Commande de validation

État des contacts



Type	A poignée en plastique	
	Entrée pour câble Ø 7 à 13 mm.	
Nombre de contacts	3	3 + 1
Type de contacts	2 "F" + 1 "O"	2 "F" + 1 "O" 1 "F" auxiliaire
Description	3 positions	3 positions avec bouton pour contact "F" (auxiliaire)
Tenue aux chocs / vibrations	10 gn / 6 gn	
Degré de protection	IP 66	IP 65
Caractéristiques assignées d'emploi	AC-15, C300 / DC-13, R300 (selon EN IEC 60947-5-1)	
Encombrement L x P x H	46 x 58 x 261 mm	46 x 58 x 269 mm
Références	XY2AU1	XY2AU2

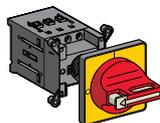
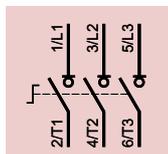
Accessoires de fixation, voir [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com).

# Vario

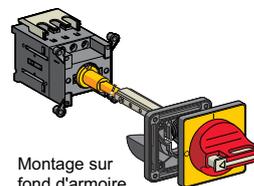
## Contrôle des moteurs

# Interrupteurs-sectionneurs

## Montage en façade

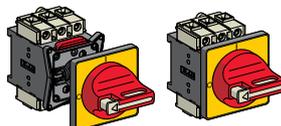
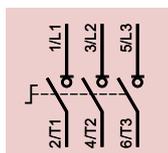


Montage sur porte

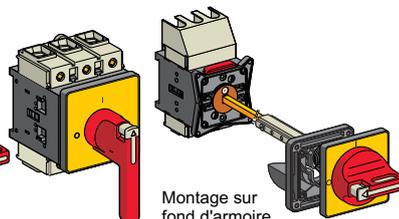


Montage sur fond d'armoire

Type	Mini Vario pour applications standard	
Dimension plastron (mm)	60 x 60	60 x 60
Fixation	Ø 22,5 mm	Ø 22,5 mm
Degré de protection	IP 20	IP 20
Tension assignée d'emploi (Ue)	690 V	690 V
Courant thermique à l'air libre (Ith)	12 A 20 A	VCDN12 VCDN20
		VCCDN12 VCCDN20



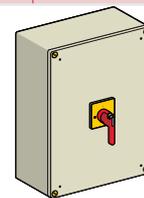
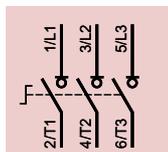
Montage sur porte



Montage sur fond d'armoire

Type	Vario pour applications hautes performances					
Dimension plastron (mm)	60 x 60	60 x 60	90 x 90	60 x 60	60 x 60	90 x 90
Fixation	Ø 22,5 mm	4 vis	4 vis	Ø 22,5 mm	4 vis	4 vis
Degré de protection	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20
Tension assignée d'emploi (Ue)	690 V	690 V	690 V	690 V	690 V	690 V
Courant thermique à l'air libre (Ith)	12 A	VCD02	VCF02	–	VCCD02	VCCF02
	20 A	VCD01	VCF01	–	VCCD01	VCCF01
	25 A	VCD0	VCF0	–	VCCD0	VCCF0
	32 A	VCD1	VCF1	–	VCCD1	VCCF1
	40 A	VCD2	VCF2	–	VCCD2	VCCF2
	63 A	–	VCF3	–	–	VCCF3
	80 A	–	VCF4	–	–	VCCF4
	125 A	–	–	VCF5	–	VCCF5
	175 A	–	–	VCF6	–	VCCF6

## Montage en coffret



Type	Mini-Vario	Vario	
Dimension plastron (mm)	60 x 60	60 x 60	90 x 90
Encombrement L x P x H	82,5 x 106 x 131 mm	90 x 131 x 146 mm	241 x 191 x 291 mm
Degré de protection	IP 55	IP 65	IP 65
Tension assignée d'emploi (Ue)	690 V	690 V	690 V
Courant thermique en coffret (Ithe)	10 A	VCFN12GE	VCF02GE
	16 A	VCFN20GE	VCF01GE
	20 A	VCFN25GE	VCF0GE
	25 A	VCFN32GE	VCF1GE
	32 A	VCFN40GE	VCF2GE
	50 A	–	VCF3GE (1)
	63 A	–	VCF4GE (1)
	100 A	–	VCF5GEN
	140 A	–	VCF6GEN

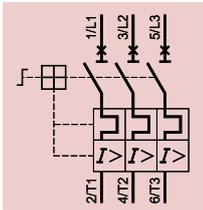
(1) Encombrement L x P x H : 150 x 152 x 170 mm

# TeSys

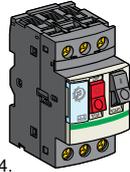
## Contrôle des moteurs

# Départs moteurs

## Disjoncteurs magnéto-thermiques en coffrets

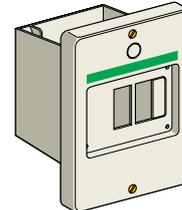


Disjoncteur complet : disjoncteurs + coffret + dispositif de sécurité.  
Ex : GV2ME01 + GV2MC02 + GV2K04.



Type		Disjoncteurs magnéto-thermiques				
Puissance moteur	kW (sous 400V)	–	0,06	0,09	0,12...0,18	0,25...0,37
Plage de réglage	A	0,1...0,16	0,16...0,25	0,25...0,40	0,40...0,63	0,63...1
Courant Id ± 20%	A	1,5	2,4	5	8	13
Courant Ithe (en coffret)	A	0,16	0,25	0,40	0,63	1
Référence		<b>GV2ME01</b>	<b>GV2ME02</b>	<b>GV2ME03</b>	<b>GV2ME04</b>	<b>GV2ME05</b>
Puissance moteur	kW (sous 400V)	0,37...0,55	0,75	1,1...1,5	2,2	3...4
Plage de réglage	A	1...1,6	1,6...2,5	2,5...4	4...6,3	6...10
Courant Id ± 20%	A	22,5	33,5	51	78	138
Courant Ithe (en coffret)	A	1,6	2,5	4	6,3	9
Référence		<b>GV2ME06</b>	<b>GV2ME07</b>	<b>GV2ME08</b>	<b>GV2ME10</b>	<b>GV2ME14</b>
Puissance moteur	kW (sous 400V)	5,5	7,5	9...11	11	15
Plage de réglage	A	9...14	13...18	17...23	20...25	24...32
Courant Id ± 20%	A	170	223	327	327	416
Courant Ithe (en coffret)	A	13	17	21	23	24
Référence		<b>GV2ME16</b>	<b>GV2ME20</b>	<b>GV2ME21</b>	<b>GV2ME22</b>	<b>GV2ME32</b>

### Coffret



Type	Coffret vide	
Montage	En saillie	Encastré
Degré de protection	IP 55	IP 55 (face avant)
Encombrenents L x P x H (1)	93 x 145,5 x 147 mm	93 x 55 x 126 mm
Références	<b>GV2MC02</b>	<b>GV2MP02</b>

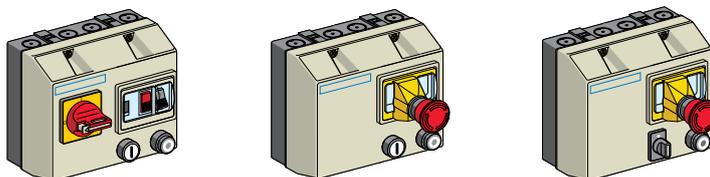
(1) Encombrement avec dispositif de sécurité GV2K04 monté

### Dispositif de sécurité



Type	Dispositifs de sécurité		
Avec coup de poing	Tourner pour déverrouiller avec cadenas	Tourner pour déverrouiller	Déverrouillage par clé n° 455
Références	<b>GV2K04</b>	<b>GV2K03</b>	<b>GV2K02</b>

## Démarrateurs en coffret pour moteur triphasé



Sens de marche				1	2
Degré de protection				IP 657	IP 657
Puissance normalisée des moteurs (kW), catégorie AC3				Références de base à compléter par le repère de la tension (1)	
220/230 V	400/415 V	440 V	Plage réglage des Ith (A)		
–	0,06	0,06	0,16...0,25	LG1K065●●02	LG7K06●●02
0,06	0,09	0,12	0,25...0,40	LG1K065●●03	LG7K06●●03
–	0,18	0,18	0,40...0,63	LG1K065●●04	LG7K06●●04
0,12	0,25	0,25	0,63...1	LG1K065●●05	LG7K06●●05
0,25	0,55	0,55	1...1,6	LG1K065●●06	LG7K06●●06
0,37	0,75	1,1	1,6...2,5	LG1K065●●07	LG7K06●●07
0,75	1,5	1,5	2,5...4	LG1K065●●08	LG7K06●●08
1,1	2,2	3	4...6,3	LG1K065●●10	LG7K06●●10
1,5	4	4	6...10	LG1K095●●14	LG7K09●●14
3	5,5	5,5	9...14	LG1D122●●16	LG7D12●●16
4	7,5	9	13...18	LG1D182●●20	LG7D18●●20
4	9	9	17...23	LG1D182●●21	LG7D18●●21
					–



Avec transformateur de commande intégré 400/24 V

Avec transformateur de commande intégré 400/24 V

Sens de marche				1	2
Degré de protection				IP 657	IP 657
Puissance normalisée des moteurs (kW), catégorie AC3				Références de base	
380/400 V			Plage réglage des Ith (A)	(Le code Q7(380/400V) désigne la tension puissance sur laquelle sera raccordé le démarreur)	
0,06			0,16...0,25	LJ7K06Q702	LJ8K06Q702
0,09			0,25...0,40	LJ7K06Q703	LJ8K06Q703
0,18			0,40...0,63	LJ7K06Q704	LJ8K06Q704
0,25			0,63...1	LJ7K06Q705	LJ8K06Q705
0,55			1...1,6	LJ7K06Q706	LJ8K06Q706
0,75			1,6...2,5	LJ7K06Q707	LJ8K06Q707
1,5			2,5...4	LJ7K06Q708	LJ8K06Q708
2,2			4...6,3	LJ7K06Q710	LJ8K06Q710
4			6...10	LJ7K09Q714	LJ8K09Q714

### Tensions du circuit de commande existantes

Volts 50/60 Hz	24 V	230 V	400 V	415 V
(1) Repère de la tension	B7	P7	V7	N7

Le circuit de commande doit être câblé par vos soins.

### Schneider Electric Industries SAS

Siège social  
35, rue Joseph Monier - CS 30323  
92500 Rueil-Malmaison Cedex  
France

[www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

Le présent document comprend des descriptions générales et/ou des caractéristiques techniques générales sur les fonctions et la performance des produits auxquels il se réfère. Le présent document ne peut être utilisé pour déterminer l'aptitude ou la fiabilité de ces produits pour des applications utilisateur spécifiques et n'est pas destiné à se substituer à cette détermination. Il appartient à chaque utilisateur ou intégrateur de réaliser, sous sa propre responsabilité, l'analyse de risques complète et appropriée, d'évaluer et tester les produits dans le contexte de leur application ou utilisation spécifique. Ni la société Schneider Electric Industries SAS, ni aucune de ses filiales ou sociétés dans lesquelles elle détient une participation, ne peut être tenue pour responsable de la mauvaise utilisation de l'information contenue dans le présent document.

Conception et réalisation : IGS-CP  
Photos : Schneider Electric  
Impression :





Carrefour de l'électrotechnique

---

[WWW.IFPM.BE](http://WWW.IFPM.BE) - [WWW.TECHNIOS.BE](http://WWW.TECHNIOS.BE)

 [IFPM.TECHNIOS](https://www.facebook.com/IFPM.TECHNIOS)

[WWW.ALIMENTO.BE](http://WWW.ALIMENTO.BE) - [WWW.VOLTA-ORG.BE](http://WWW.VOLTA-ORG.BE)