

**TOP, fiches**

**BEP**

Électrotechnique  
Technologie  
Schémas  
Automatisme

**Pierre GRAFTIEAUX**

 **HACHETTE**  
*Éducation*

## ÉGALEMENT PARUS :

### TOP'BEP

16 TOP'Exam	Anglais
15 TOP'Exam	Français
19 TOP'Exam	Histoire Géographie
17 TOP'Exos - Secteur tertiaire	Mathématiques
18 TOP'Exos - Secteur industriel	Mathématiques
53 TOP'Exos - Secteur industriel	Sciences Physiques
54 TOP'Fiches	Activités commerciales et comptables
21 TOP'Fiches	Droit du travail
20 TOP'Fiches	Economie Droit
63 TOP'Fiches	Vie Sociale et Professionnelle

### TOP'Bac Pro

48 TOP'Exam	Anglais
49 TOP'Exam	Français
52 TOP'Exam	Histoire Géographie
56 TOP'Fiches	Comptabilité
55 TOP'Fiches	Economie Droit

Aux deux personnes qui ont conforté l'auteur dans la voie de l'enseignement en Lycée Professionnel.

À Jacques et Sylviane.

Couverture :

Conception : Laurent Carré

Réalisation : Graphir Design

Maquette : Joëlle Moreau

Réalisation : Desk

© HACHETTE 2004, 43, quai de Grenelle 75905 Paris Cedex 15

[www.hachette-education.com](http://www.hachette-education.com)

ISBN 2.01.18.0064.1

*Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.*

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes des articles L. 122-4 et L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et, d'autre part, que « les analyses et les courtes citations » dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite ».

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français de l'exploitation du droit de copie (20, rue des Grands-Augustins 75006 Paris), constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

# AUX ÉLÈVES DE BEP, DE BAC PRO

## Électrotechnique et Bac Pro

### Maintenance des Systèmes Automatisés

« Éduquer c'est faire cheminer ;  
ce n'est pas déverser dans un cerveau  
le contenu de la science accumulée,  
mais en permettre, peu à peu, l'appropriation. »  
Albert Jacquard

Cet ouvrage est conçu pour remettre en mémoire tout ce qui est essentiel dans les connaissances technologiques qu'un élève de BEP Électrotechnique doit maîtriser. Il est un point de départ pour les élèves de BAC PRO EIE, afin de retrouver rapidement les connaissances « parfois oubliées » depuis le BEP.

Pour les BAC PRO MSMA, ce livre sera le support de recherche de connaissances devant une nouvelle difficulté. Toutefois une partie doit être maîtrisée après deux années d'enseignement.

Pour les élèves de BEP Électrotechnique, l'ensemble de cet ouvrage est là pour aider les révisions, afin d'acquérir les connaissances nécessaires pour l'épreuve théorique.

Les parties Sécurité des personnes, Les schémas des liaisons à la terre et Habilitation sont présentes afin de permettre de réviser pour passer les tests théoriques (ainsi que les tâches pratiques), avec succès.

L'auteur

# SOMMAIRE

## TECHNOLOGIE

- Fiche 1 Les installations domestiques
- Fiche 2 La sécurité des personnes
- Fiche 3 Disjoncteur différentiel
- Fiche 4 Les composants de base
- Fiche 5 Le moteur asynchrone triphasé
- Fiche 6 La protection des installations moteur
- Fiche 7 Choix des protections moteurs
- Fiche 8 Les schémas de liaisons à la terre
- Fiche 9 Les capteurs
- Fiche 10 Le transformateur
- Fiche 11 Le redressement
- Fiche 12 Alimentation continue
- Fiche 13 La pneumatique
- Fiche 14 L'habilitation

## SCHÉMAS

- Fiche 15 Les symboles utilisés en schéma

- Fiche 16 Les installations domestiques
- Fiche 17 Le relais
- Fiche 18 La temporisation
- Fiche 19 Un sens de marche
- Fiche 20 Marche par à-coups
- Fiche 21 Deux sens de marche
- Fiche 22 Démarrage étoile triangle
- Fiche 23 Deux vitesses à enroulements séparés
- Fiche 24 Deux vitesses à couplage de pôles
- Fiche 25 Les autres démarrages des moteurs asynchrones
- Fiche 26 Les freinages des moteurs asynchrones
- Fiche 27 L'automate programmable

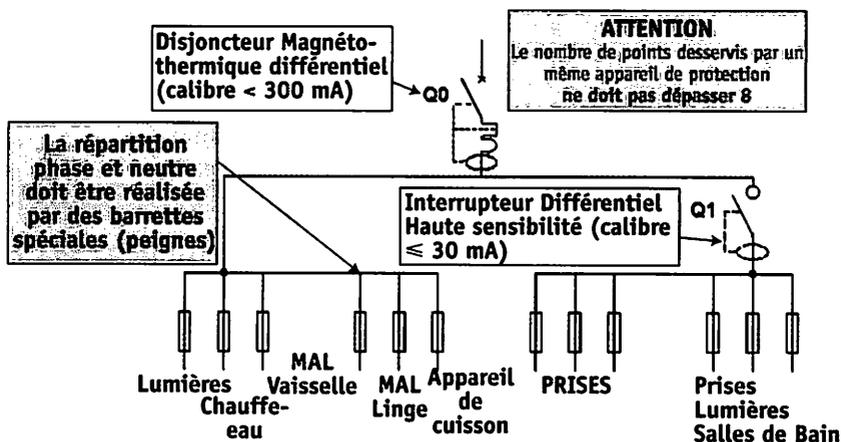
## AUTOMATISME

- Fiche 28 Les fonctions logiques et logigramme
- Fiche 29 Le Grafcet (1)
- Fiche 30 Le Grafcet (2)
- Fiche 31 Le Grafcet (3)

## I. Le tableau de distribution

Plusieurs dispositions sont possibles, mais il faut toujours assurer une protection différentielle haute sensibilité pour les circuits prises de courant et le(s) circuit(s) d'éclairage(s) de la salle de bains → Interrupteur ou disjoncteur d'un calibre  $\leq 30$  mA.

### I.1 Schéma minimal conseillé



### I.2 Calibre des appareils de protection

Section des conducteurs	Cartouches fusibles	Disjoncteurs divisionnaires
1,5 mm <sup>2</sup>	10 A	15 A
2,5 mm <sup>2</sup>	20 A	20 A
6 mm <sup>2</sup>	32 A	38 A

**Remarque :** la coupure doit être bipolaire. Lors de la manœuvre d'ouverture de l'appareil de protection, les conducteurs (phase et neutre) doivent être coupés.

### I.3 Section des conducteurs et circuits alimentés

- > Lumière → 1,5 mm<sup>2</sup>.
- > Prise de courant → 2,5 mm<sup>2</sup>.

- Circuits spécialisés : Certains appareils doivent être alimentés par une ligne électrique indépendante (chauffe-eau, lave-vaisselle, lave-linge, etc.). La section dépend de la puissance de l'appareil, mais les valeurs couramment employées sont les suivantes :
  - Chauffe-eau : 2,5 mm<sup>2</sup>.
  - Machine à laver (linge ou vaisselle) : 2,5 mm<sup>2</sup>.
  - Appareils de cuisson : 6 mm<sup>2</sup>.

## II. Canalisations

### II.1 Couleurs des conducteurs

Il faut respecter impérativement les couleurs suivantes :

- Bleu clair → Neutre.
- Bicolore Jaune/Vert → Conducteur de protection (PE) appelé couramment « la terre ».
- Autre couleur que Bleu clair, Bicolore Jaune/Vert, Jaune, Vert → Phase et retour, navette (va-et-vient).

**Remarque :** le rouge est toutefois utilisé très fréquemment pour le conducteur de « phase ».

### II.2 Les conduits

Code	Fonction	Signification
2 chiffres	Référence : c'est le diamètre extérieur en mm	16, 20, 25, 32, 40, 50, 63
3 lettres	1 <sup>re</sup> lettre : propriété électrique	I : isolant C : composite M : métallique
	2 <sup>e</sup> lettre : résistance à la flexion	R : rigide C : cintrable CT : transversalement élastique S : souple
	3 <sup>e</sup> lettre : nature de la surface	L : lisse A : annelé
4 chiffres	1 <sup>er</sup> chiffre : résistance à l'écrasement	3 : 750 N 4 : 1250 N 5 : 4000 N
	2 <sup>e</sup> chiffre : résistance aux chocs	3 : 2 joules 4 : 6 joules 5 : 20 joules
	3 <sup>e</sup> chiffre : température minimale d'utilisation et d'installation	2 : - 5 °C 5 : - 45 °C
	4 <sup>e</sup> chiffre : température maximale d'utilisation et d'installation	1 : + 60 °C 2 : + 90 °C 7 : + 400 °C

Les conduits les plus employés sont :

- En apparent : IRL, ICTA, ICTL (tube de couleur grise uniquement), MRL.
- En encastré : ICTA, ICTL (tube de couleur grise ou orange).
- En installation industrielle : CSA, CSL, MRL.

Toutefois, dans des installations apparentes (en neuf ou en rénovation) il est souvent employé des moulures plastiques (voire en bois).

### II.3 Conducteurs employés

En règle générale, les conducteurs employés dans les conduits sont des conducteurs rigides dont la dénomination est :

- H 07 V-U : Un 450/750V, isolant PVC, âme conductrice massive ronde ( $\leq 4 \text{ mm}^2$ ).
- H 07 V-R : Un 450/750V, isolant PVC, âme conductrice câblée ronde ( $> 4 \text{ mm}^2$ ).
- H 07 V-K : Un 450/750V, isolant PVC, câble souple pour installation fixe.

### II.4 Règle de remplissage des conduits

Quel que soit le conducteur (ou câble) employé, il faut respecter la règle dite du « tiers » :

- ***La somme des sections totales (isolants compris) doit être au plus égale au tiers de la section intérieure du conduit.***

Voici les tableaux permettant de déterminer sans erreur le conduit à choisir : la section utile du conduit est donc, dans ce tableau, égale au tiers de la section intérieure.

Diamètre extérieur	Conduits		Conducteurs		
	Section utile en mm <sup>2</sup>		Section de l'âme mm <sup>2</sup>	Section totale (isolant compris) en mm <sup>2</sup>	
	IRL	IGA, ICTA, ICTL		H07 V-U	H07 V-K
16	44	30	1,5	8,55	9,6
20	75	52	2,5	11,9	13,85
25	120	88	4	15,2	18,1
32	202	155	6	22,9	31,2
40	328	255	10	36,3	45,4
50	514	410	16	50,3	60,8
63	860	724	25	75,4	95

**Remarque :** cette règle s'applique aussi pour les moulures et plinthes.

## Préambule

La sécurité, va être traitée en plusieurs chapitres, que vous aurez à consulter, tels que :

- Fiche 3 : disjoncteur différentiel.
- Fiche 8 : les schémas des liaisons à la terre.
- Fiche 14 : l'habilitation.

## I. Pourquoi se protéger

Certaines situations, souvent involontaires, risquent de nous mettre en danger.

Nous pouvons aussi, en tant qu'électrotechnicien non attentif aux risques, mettre d'autres personnes en danger.

## II. Les risques

### II.1 Contacts directs

#### III.1.1 Définition

C'est le contact d'une personne avec une pièce nue sous tension.

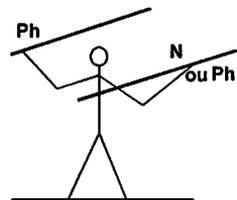
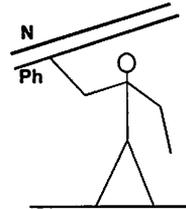
Le contact peut être alors :

- Phase / terre.
- Phase / neutre.
- Phase / phase.

Si la personne entre en contact par l'intermédiaire d'un accessoire (tournevis, mètre métallique), le contact est toujours dit direct.

#### III.1.2 Protection

- Éviter qu'une personne entre en contact avec l'énergie électrique :
  - Matériel IP 2X.
  - Conducteur isolé.
- Utiliser une tension réputée non dangereuse appelée tension Limite  $U_L$ .
- Voir aussi § 8 fiche 14.



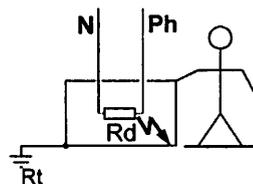
Tension $U_L$	Conditions
50 V	Normale
25 V	Enceinte humide
12 V	Salle de bains

## II.2 Contacts indirects

### II.2.1 Définition

C'est le contact d'une personne avec une masse métallique mise accidentellement sous tension par un défaut d'isolement.

Normalement, si l'installation est conforme, un appareil doit interrompre l'installation en cause.



### II.2.2 Protection

- Installation conforme.
- Matériel non modifié : si le conducteur dit « de terre » (appelé conducteur de protection PE de couleur bicolore jaune/vert) existe, il ne doit pas être interrompu par un accessoire.
- Contrôle régulier des équipements, des appareils de protection, des installations.

## II.3 Le court-circuit

Les risques corporels et matériels sont loin d'être négligeables.

- Projection de métal en fusion sur le corps.
- Incendie.

Dans une installation conforme, un appareil (parfois plusieurs) doit interrompre le circuit en cause.

La caractéristique principale de cet appareil s'appelle le **Pouvoir de Coupure** (PC).

## III. Les contrôles à réaliser périodiquement

### III.1 Prise de terre des masses

Ce dispositif intervient dans tous les cas dans la chaîne de protection. Sa valeur varie au cours du temps.

Dans le cas où la valeur serait incorrecte :

1. Changer le calibre de l'appareil de protection.
2. Améliorer la résistance de prise de terre.

### III.2 Continuité du conducteur de protection

Ce conducteur est le maillon qui est associé à la prise de terre des masses. Il ne doit pas être interrompu.

Des défauts de câblage, de raccordement, peuvent être à l'origine d'accidents graves.

### III.3 Les appareils de protection

Tous les appareils à déclenchement automatique et réarmable doivent être contrôlés régulièrement :

- contrôle du seuil de déclenchement ;
- contrôle du temps de déclenchement.

Dans certains cas le constructeur conseille un essai mensuel, par l'intermédiaire d'un bouton de test qui assure une simulation de défaut.

## IV. Précautions élémentaires pour un électrotechnicien

1. Analyser les risques avant de commencer la tâche demandée.
2. Avoir la tenue, les équipements et les outils adaptés.
3. Mettre en œuvre tous les moyens pour assurer sa sécurité et celle des autres.
4. Apporter la formation (ou l'information) à ses collègues non électrotechniciens sur les risques électriques.

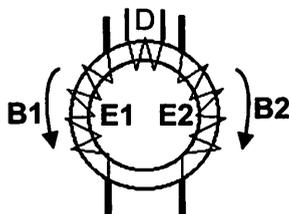
## I. Fonction différentielle

Elle assure la protection des personnes contre les contacts directs, voire contre les contacts indirects si la sensibilité est inférieure ou égale à 30 mA.

Cette fonction est associable à un disjoncteur ou à un interrupteur.

Dans la fiche 8 (Les schémas des liaisons à la terre), cette fonction sera citée dans certaines protections.

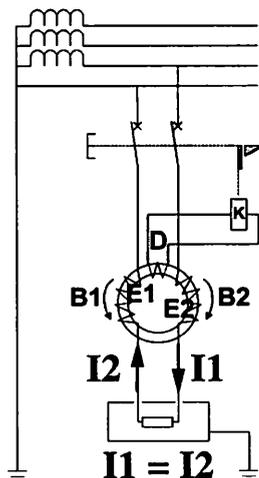
## II. Fonctionnement



L'élément de détection est constitué d'un circuit magnétique sur lequel sont bobinés trois enroulements :

1. Enroulements E1 et E2, parcourus par les courants que l'appareil « mesure ».
2. Enroulement D sollicité au moment du défaut.

Les enroulements E1 et E2 sont identiques (même nombre de spires), MAIS quand ils sont parcourus par un courant ils provoquent des champs magnétiques de sens opposés B1 et B2.



**CAS N° 1 : il n'y a pas de défaut d'isolement**

Comme l'intensité dans les enroulements E1 et E2 est *identique* :

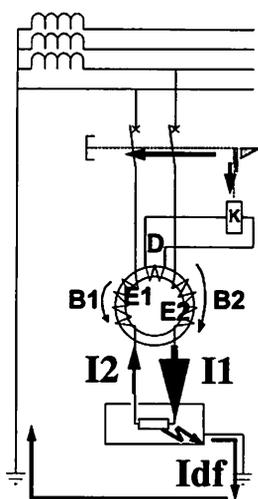
→ Les champs magnétiques B1 et B2 sont *identiques*, mais de sens opposé : ils s'annulent.

Il n'y a pas de champ magnétique résultant dans le circuit magnétique.

→ La tension aux bornes de la bobine D est *nulle*.

↪ La bobine K n'est pas alimentée

⇒ Aucun déclenchement de l'appareil.



CAS N° 2 : il y a un défaut d'isolement

Comme l'intensité dans les enroulements E1 et E2 est *différente* :

$$I_1 = I_2 + I_{df} \rightarrow I_1 > I_2.$$

$I_{df}$  étant le courant de défaut qui revient au neutre par « la terre »

→ Les champs magnétiques sont *différents* :

$$B_2 > B_1.$$

→ Le champ magnétique résultant n'est plus nul.

La bobine D se comporte comme un secondaire de transformateur : une tension apparaît aux bornes de la bobine D.

↳ La bobine K est alimentée

⇒ Déclenchement de l'appareil.

### III. Choix de la sensibilité d'un déclencheur différentiel : DDR

#### III.1 Imposé par la norme C15-100

Dans les habitations, il est imposé d'installer un Dispositif Différentiel à courant Résiduel (DDR) à haute sensibilité (30 mA) pour :

- Toutes les prises de courant.
- Lave-linge et lave-vaisselle.
- Appareil(s) de cuisson.
- Chauffage électrique de salle de bains.
- Éclairage de salle de bains.

L'appareil peut être un interrupteur ou disjoncteur qui sera installé sur les circuits à risque.

Pour le reste de l'habitation, il est recommandé de mettre en œuvre un disjoncteur magnéto-thermique muni d'un DDR de 300 mA (ou moins).

#### III.2 Déterminé en fonction des conditions réelles

Les éléments permettant d'effectuer le calcul sont :

- La résistance de la prise de terre (sur laquelle toutes les masses métalliques doivent être raccordées) :  $R_T$ .
  - La tension pouvant être « maintenue » indéfiniment, sans danger :  $U_L$ .
- La sensibilité (ou le calibre) du DDR doit respecter l'inégalité suivante :

$$I_{cal} \leq \frac{U_L}{R_T}.$$

Exemple :  $U_L = 25 \text{ V}$  ;  $R_T = 40 \Omega$ .

Calibre normalisé (en mA) : 650, 500, 300, 100, 30, 10, 3.

$$I_{\text{cal}} \leq 25/40.$$

$$I_{\text{cal}} \leq 0,625 \text{ A soit } I_{\text{cal}} \leq 625 \text{ mA.}$$

Le calibre sera donc de 500 mA.

*Contrôle :*

Au moment où l'appareil va ouvrir le circuit, la tension maximale de contact  $U_c$  sera égale à :

$$U_c = R_T \times I_{\text{cal}}.$$

$$U_c = 40 \times 0,5 = 20 \text{ V.}$$

Cette tension de contact  $U_c$  est bien inférieure à  $U_L$ .

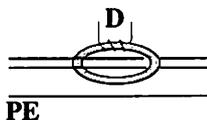
**Remarque :** norme de seuil de déclenchement :

L'appareil ayant une intensité de déclenchement de  $I$  doit déclencher entre  $I/2$  et  $I$ .

#### IV. Cas particulier

Parfois, les câbles d'alimentation ont une section importante. Il suffit alors de faire passer les conducteurs actifs (phases et neutre) dans un circuit magnétique fermé.

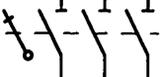
*Attention :* le conducteur PE ne doit pas passer avec les conducteurs actifs.



**Remarque :** quel que soit le schéma des liaisons à la terre, les prises de courant doivent être alimentées par un DDR.

## I. Sectionneur

- *Fonction* : il assure l'isolement parfait et durable entre deux parties d'une installation.
- *Avantage* : c'est un appareil qui a une coupure visible.  
Cela indique qu'une personne peut voir dans quel état est l'appareil et ainsi connaître l'état de l'installation (aspect sécurité).
- *Inconvénient* : il n'a pas de pouvoir de coupure. Il doit être manœuvré **UNIQUEMENT** à vide (sauf en cas d'accident).
- *Conditions à respecter* : cet appareil est toujours placé en tête d'équipement. Dans le cas où il « alimente » plusieurs circuits, son calibre est obtenu en additionnant les intensités nominales de chaque circuit qu'il alimente.
- *Remarque* : parfois il est associé à un interrupteur. Cela permet de pouvoir le manœuvrer en charge.
- *Symboles* :

Puissance	Commande
	 <p>Ce contact est différent car il se ferme avant les contacts de puissance, il s'ouvre donc avant les contacts de puissance.</p>

- *Particularité* :  
Les contacts de commande sont actionnés :
  - En dernier lors de l'action de fermeture.
  - En premier lors de l'action d'ouverture (sécurité : coupure du circuit de commande en premier puis du circuit de puissance).

## II. Fusible

- *Fonction* : il assure principalement une protection de l'installation située en amont, contre les courts-circuits.
- *Avantage* : c'est l'appareil qui a le plus grand pouvoir de coupure.  
Cela indique que dans la majeure partie des cas, il va couper réellement l'installation où un court-circuit a lieu « juste en dessous de lui ». **Il ne protège donc pas un récepteur !**

- *Inconvénient* : parfois il peut couper une partie d'une installation et ainsi tenter de faire fonctionner un récepteur triphasé sur 2 phases au lieu de trois (voir le § 3).

Il est nécessaire de le remplacer.

*Conseil* : quand un seul fusible coupe un circuit triphasé, il est nécessaire de bien connaître le type de schéma des liaisons à la terre, de vérifier le calibre des autres fusibles, de savoir le calibre qu'il est nécessaire de mettre, et souvent changer les trois fusibles (les deux autres ont peut-être commencé à se détruire mais pas complètement).

- *Conditions à respecter* :

1. Le type de fusible est fonction de l'installation électrique :

- gG : usage général ;
- aM : employé dès qu'un récepteur demande une pointe d'intensité lors de son alimentation (moteur, primaire de transformateur).

2. Le calibre adapté à l'équipement (voir fiches 6, 8, 10)

- *Symboles* :

Fusible	Neutre + Fusible
	

### III. Relais thermique

- *Fonction* : il assure la protection d'un moteur contre les surcharges équilibrées et très souvent déséquilibrées (fonction différentielle du relais).

*Attention* : ne pas confondre cette fonction différentielle, avec celle d'un disjoncteur différentiel, qui lui assure la protection des personnes.

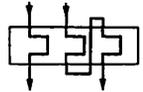
- *Avantage* : appareil simple qui assure, globalement, une bonne protection des équipements moteurs.
- *Inconvénient* : il ne « mesure » pas la température réelle du moteur. Aussi, il peut parfois, ne pas déclencher alors que le moteur atteint une température qui risque de détruire les isolants (→ risque d'aggraver l'incident pour aller vers un court-circuit).

C'est le cas d'un défaut de ventilation, d'un défaut de refroidissement (moteur couvert de poussière qui l'isole thermiquement).

*Solution* : voir la fiche 5 § 5.3.

➤ *Conditions à respecter et conseils :*

- Le réglage du relais doit être fait, au pire, au courant nominal du moteur. Si l'installation fonctionne toujours en sous-charge, il est alors possible de le régler à l'intensité d'utilisation réelle du moteur (mesure dans les conditions réelles avec une pince ampèremétrique).
- Cas d'un moteur monophasé : la plupart des relais thermiques disposent d'une fonction différentielle. Il est alors nécessaire de réaliser un câblage particulier, afin que cette fonction ne provoque pas un déclenchement anormal.



➤ *Symboles :*

Puissance	Commande

## IV. Contacteur

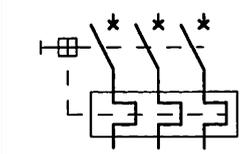
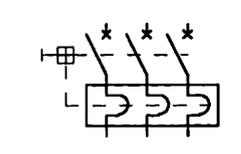
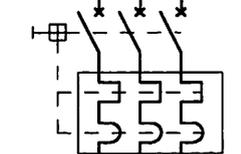
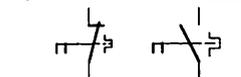
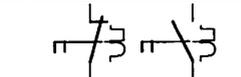
- *Fonction :* établir ou interrompre, un circuit de puissance à distance (télécommande).
- *Avantage :* appareil bien adapté à la commande automatique (nombre de manœuvres très élevé).
- *Inconvénient :* faible pouvoir de coupure.
- *Conditions à respecter :* bien choisir le contacteur, en fonction des conditions d'utilisations. Un contacteur mal déterminé va se « détruire » rapidement, le fonctionnement de l'installation ne sera plus fiable et le risque d'incendie est possible.
- *Symboles :*

Puissance	Commande
	<p><b>Contact</b></p> <p>Type "O" ou NF Normalement Fermé</p> <p>Type "F" ou NO Normalement Ouvert</p>

## V. Disjoncteur

- *Fonction :* établir, supporter, interrompre un courant souvent nominal, mais aussi parfois très élevé (surcharge, court-circuit : selon le type de protection assurée).

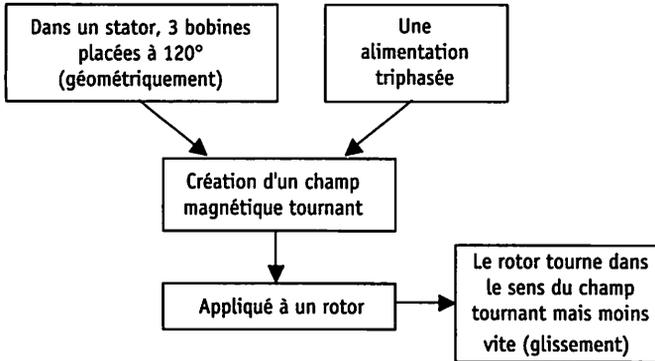
- *Avantage* : réenclenchable, parfois selon l'appareil, il peut indiquer le type de défaut qui a provoqué son ouverture (surcharge, court-circuit).
  - *Inconvénient* : pouvoir de coupure inférieur à celui d'un fusible.
  - *Conditions à respecter* :  
 Il existe trois sortes de disjoncteur qui qualifient la protection contre les courts-circuits : - 3 à 5  $I_n$  → type B ;  
 - 5 à 10  $I_n$  → type C ;  
 - 10 à 20  $I_n$  → type D.
  - *Protection contre les surcharges* : disjoncteur thermique.
  - *Protection contre les courts-circuits* : disjoncteur magnétique.
- Il est possible d'assurer les deux protections → disjoncteur magnéto-thermique.
- *Symboles* :

	thermique	magnétique	magnéto-thermique
Puissance			
CDE			

- *Particularité* : il existe des disjoncteurs pour les moteurs (voir fiche 6 § 3.2).

# LE MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASÉ

## I. Principe de fonctionnement



## II. Relations fondamentales d'électrotechnique

BBC		
Mot Asynchr. MEUG 100L/85 °C		
N° FL7143206	ph : 3	Cos φ : 0.86
1.6 kW	CL : F	18 kg
50 Hz	IP : 55	IK : 7
V D 230	5.9 D A	
V Y 400	3.4 Y A	
tr/min : 1390	s : 1	η : 0.88

**Puissance utile (Pu) :** C'est la puissance disponible sur l'arbre du moteur appelé aussi Puissance mécanique

Caractéristiques tension/courant du moteur dans le cas du couplage triangle (D)

Caractéristiques tension/courant du moteur dans le cas du couplage étoile (Y)

Rendement du moteur

- $n = f / p$        $n$  : fréquence du champ tournant (stator) ;  
 $f$  : fréquence de la tension d'alimentation ;  
 $p$  : nombre de paires de pôles.
- $P_a = UI\sqrt{3}\cos\varphi$        $P_a$  : puissance absorbée par le moteur ;  
 $U$  : tension entre phases ;  
 $I$  : intensité absorbée en ligne ;  
 $\cos \varphi$  : déphasage entre  $V$  et  $I$ .
- $\eta = P_u / P_a$ .

### III. Choix du couplage

Normalement, on peut avoir une « petite idée » du couplage à faire en fonction des informations qui sont données (par exemple la plaque à bornes du § 2).

Analyses des informations nécessaires pour déterminer le couplage :

#### III.1 Tensions de l'alimentation de l'atelier

Dans la plupart des cas, elle est maintenant de 230/400 V. *Qu'est-ce que cela signifie ?*

→ 230 V (ou la première tension) est la tension entre l'une des phases et le neutre.

→ 400 V (ou la plus grande) est la tension entre deux phases.

**Il faut retenir :** pour un récepteur, tel qu'un **moteur asynchrone**, c'est **toujours la tension entre phases** qui sera utile.

#### III.2 Tensions indiquées sur la plaque signalétique du moteur

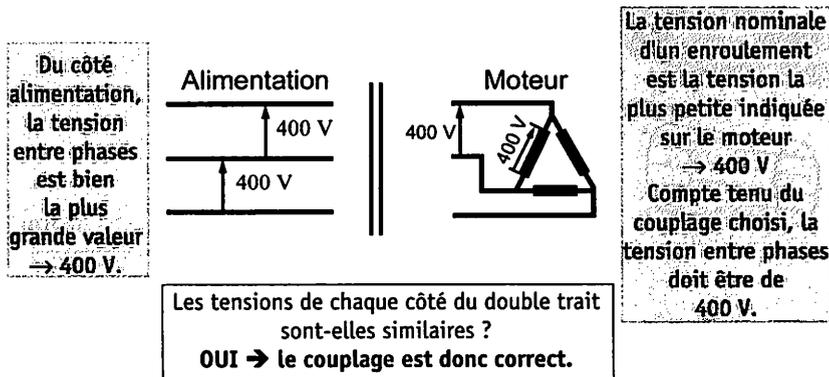
Celles-ci indiquent les deux tensions d'utilisation de ce moteur (en théorie une pour chaque couplage possible).

**Il faut retenir :** quand le moteur est correctement couplé, la tension la plus petite est la tension nominale d'un enroulement quel que soit le couplage effectué.

Exemple :

• Informations : alimentation atelier 230/400 V, Moteur 400/700 V.

Dessiner les informations données, en choisissant un couplage (soit au hasard, soit avec logique).

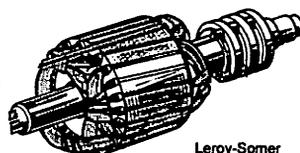
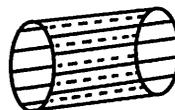


## IV. Constitution générale

- Stator**
- 3 bobines placées à 120° géométrique.
  - Circuit magnétique constitué d'un empilage de tôles (limiter les pertes « fers »).



- Rotor**
- Deux technologies sont possibles :
- Rotor en court-circuit appelé aussi rotor à cage.
  - Rotor bobiné (voir application dans le chapitre fiche 25).
- Ces « bobinages » sont inclus dans un circuit magnétique constitué d'un empilage de tôles.

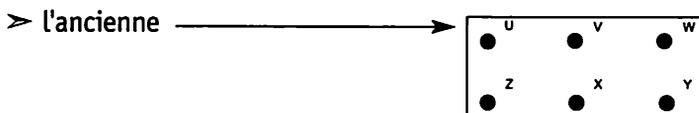
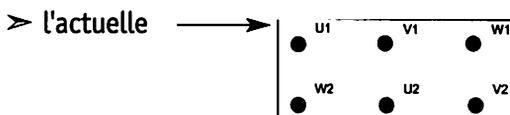


Leroy-Somer

## V. Caractéristiques à retenir

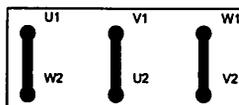
### V.1. Plaques à bornes

Il existe deux notations, qu'il faut connaître :



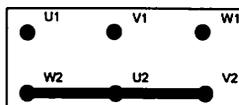
Pour réaliser le couplage triangle, il faut placer trois barrettes respectivement en :

1. U1 et W2 ;
2. V1 et U2 ;
3. W1 et V2 .



Pour réaliser le couplage étoile, il faut placer « trois » barrettes (en théorie deux suffisent, mais il est utile de placer les trois, au cas où il faudrait faire par la suite l'autre couplage) respectivement en :

W2 et U2 et V2.



## V.2. Le démarrage

Ce type de moteur absorbe un courant ( $I_d$ ) important au moment du démarrage :

$$I_d = 3 \text{ à } 7 I_n \text{ (} I_n \text{ : courant nominal)}$$

**Attention** : cette intensité ne dépend pas de la charge que le moteur entraîne. Celle-ci intervient dans la durée du démarrage.

C'est pourquoi, quand le circuit de puissance comporte des fusibles, ceux-ci doivent être du **type aM**, pour supporter cette pointe d'intensité au démarrage.

## V.3. Protection du moteur

Le moteur s'échauffe normalement à cause des pertes :

- Joules dans le stator et dans le rotor.
- Fers dans le circuit magnétique du stator et du rotor.
- Mécaniques : roulement et ventilation.

Lors d'une surcharge, cet échauffement augmente et risquerait de provoquer une dégradation des isolants et se terminer par un court-circuit.

Trois protections sont possibles :

1. Relais thermique.
2. Disjoncteur moteur.
3. Sondes thermiques placées au cœur des enroulements.

Choix du matériel : voir fiche 7.

## V.4. Contrôles à réaliser

V.4.1. Contrôle de l'isolement : utiliser un mégohmmètre

Contrôle entre les enroulements	Contrôle entre masse et chaque enroulement
U1 et V1	PE et U1
V1 et W1	PE et V1
U1 et W1	PE et W1

**Attention** : le moteur ne doit pas être couplé.

Valeur à rechercher : Moteur neuf : infini.

Moteur déjà employé : > 250 k $\Omega$ .

5.4.2 Contrôle de l'équilibre des enroulements : utiliser un ohmmètre

Opération rare, sauf en cas de déclenchement intempestif du relais thermique.

Mesurer entre U1 et U2, puis V1 et V2 enfin W1 et W2. Les valeurs doivent être proches.

**Attention** : le moteur ne doit pas être couplé.

## I. Fonctions à assurer

1. Assurer la protection du moteur, contre les surcharges équilibrées et déséquilibrées (cas où le moteur est alimenté sur deux phases au lieu de trois).
2. Assurer la protection de l'installation, située en amont, contre les courts-circuits.

**Remarque :** le moteur ne peut pas être protégé contre les courts-circuits. En effet, quand un moteur a ce désagrément, il devient inutilisable et il faut soit procéder à un échange standard du stator, soit procéder au rebobinage du stator.

**Important :** ces protections sont liées à la puissance du moteur (nominale ou réelle d'utilisation). Il faut impérativement prévoir ces protections pour **chaque départ moteur**.

## II. Rôles des appareils de protections

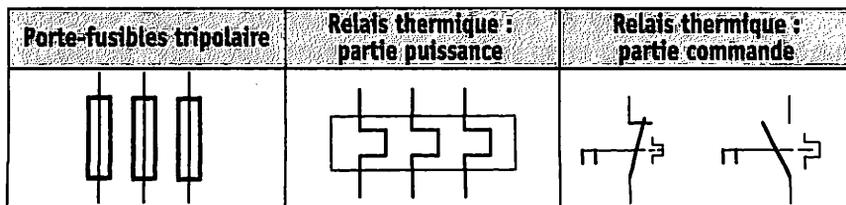
1. Détecter la perturbation (surcharge ou court-circuit dans notre cas).
2. Supprimer, ou faire supprimer, cette perturbation pour arrêter ses effets (échauffement, risque d'aggravation de la perturbation, risque d'incendie).

## III. Solutions possibles

### III.1. Fusibles aM associés à un relais thermique

C'est l'une des associations très utilisée, mais qui commence à être remplacée par d'autres matériels (voir § 3.2 et 3.3) dans les nouveaux équipements (Il faut avoir en stock les fusibles : taille, calibre et type).

Le seul avantage de cette association est le pouvoir de coupure très élevé du fusible. L'installation aura moins à subir les effets du court-circuit.

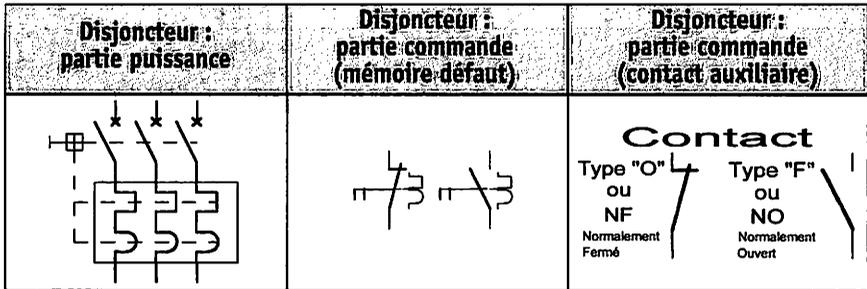


**Remarque :** le relais thermique détecte la perturbation existante sur le circuit de puissance. Par son contact à ouverture de commande, il « demande » au contacteur d'ouvrir le circuit de puissance. L'action est dite indirecte.

### III.2. Disjoncteur moteur

C'est l'association la plus installée aujourd'hui. Cet appareil permet, en outre, de consigner un départ moteur (en laissant alors le reste de l'installation en fonctionnement).

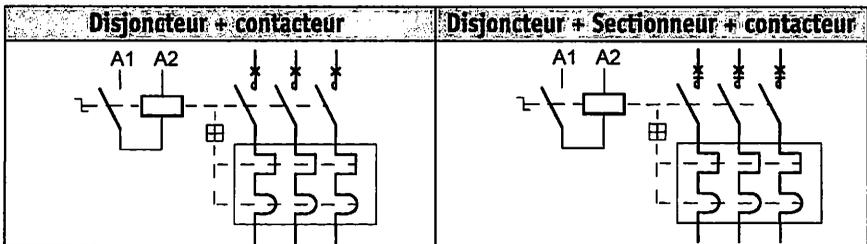
C'est un disjoncteur magnétothermique spécial (différent d'un disjoncteur de distribution électrique). En effet la partie « thermique » est différentielle, afin d'assurer la protection contre la coupure de phase dans un circuit moteur.



### III.3. Équipement complet

Depuis quelques années déjà, un constructeur a associé les fonctions de protection aux fonctions sectionneur et contacteur.

Ce matériel est plus coûteux, mais présente l'avantage de diminuer le temps de câblage.



## I. Principe

Il est nécessaire de connaître l'intensité nominale (voire réelle) d'utilisation du moteur.

Pour cela il y a plusieurs cas :

1. On dispose de la plaque signalétique du moteur (ou de l'équivalent sous forme écrite).

Plaque signalétique	Informations équivalentes
	Moteur asynchrone triphasé 1,5 kW 1440 tr/min Cos $\phi$ : 0,78 Rendement : 76 % 230/400 V 6,65/3,84 A

2. On dispose d'une documentation constructeur qui va permettre de trouver l'information recherchée. Voici un extrait d'une documentation :

Puissance		Type à pattes	In sous 400 V en A
kW	ch approx		
0,37	0,5	MEUC 90 S8	1.4
0,55	0,75	MEUC 90 L8	2
0,75	1	MEUC 100 L8	2.6
1,1	1,5	MEUC 100 LL8	3.7
1,5	2	MEUC 112 MR8	5
1,85	2,5	MEUC 112 M8	5.9
2,2	3	MEUC 132 S8	6.4
3	4	MEUC 132 M8	8.6

Le moteur dont la référence est MEUC 112 M8 et dont la puissance est 1.85 kW a pour intensité nominale : 5,9 A.

3. On dispose d'informations à caractère électrotechnique et on doit alors effectuer les calculs.

Les deux relations importantes à apprendre et à utiliser ici, sont :

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} \quad \text{et} \quad P_a = UI\sqrt{3} \cos\phi.$$

*Rappel* : quand dans un énoncé une puissance est donnée, sauf indication contraire, c'est toujours la puissance utile, soit  $P_u$ .

## II. Choix de l'ensemble relais thermique + fusibles

Une fois que l'on a l'intensité du moteur :

1. Choisir le relais thermique, qui contient dans sa plage de réglage, l'intensité trouvée.
2. À partir du tableau de choix du relais thermique, en déduire le calibre du fusible que le constructeur préconise.

*Information* : si le calibre du fusible n'est pas coordonné au relais thermique, deux cas sont possibles :

- *Si le calibre est plus élevé que celui prévu* : le relais thermique risque d'être détruit lors d'un court-circuit situé en aval du relais.
- *Si le calibre est moins élevé que celui prévu* : le fusible risque d'être détruit au moment du démarrage du moteur (3 à 8 In moteur !).

Extrait d'une documentation technique :

Zone de réglage du relais (A)	Fusibles à associer au relais choisi (Cal Max.)		Référence
	Type aM (A)	Type gG (A)	
1,6 à 2,5	4	6	LR2-D1307
2,5 à 4	6	10	LR2-D1308
4 à 6	8	16	LR2-D1310
5,5 à 8	12	20	LR2-D1312
7 à 10	12	20	LR2-D1314
9 à 13	16	25	LR2-D1316

Pour le moteur cité en I.1, la référence du relais qu'il faut choisir est LR2-D1308, réglé à 3,9 A.

### III. Choix d'un disjoncteur moteur

Le principe est similaire du choix précédent.

Une fois que l'on a l'intensité du moteur :

1. Choisir le disjoncteur qui contient dans sa plage de réglage de la partie « thermique » l'intensité trouvée.
2. Indiquer la valeur de réglage de la partie thermique.

Puissance normalisée des moteurs triphasés		Plage de réglage du déclencheur thermique	Courant de déclenchement magnétique	Référence
230 V	400 V			
kW	kW	A	A	
0,37	0,75	1,6 à 2,5	33,5	GV2-P07
0,55	1,1	2,5 à 4	51	GV2-P08
0,75	1,5			
1,1	2,2	4 à 6,3	78	GV2-P10

Pour le même moteur que pour le relais thermique, il faudra commander un disjoncteur GV2-P08 et régler la partie thermique à 3,9 A.

### IV. Choix d'un composant intégral

*Rappel* : ce type de composant comporte, en plus des appareils de protection, une fonction de sectionneur et de contacteur.

Pour définir le produit, il est donc nécessaire de définir un composant supplémentaire qui est le contacteur.

#### IV.1. Partie contacteur

Pour cela, il faut raisonner sur la puissance du moteur. Il faut choisir un contacteur qui permette de commander un moteur dont la puissance est au moins égale à celle qui est indiquée dans le tableau.

Voici un extrait de la documentation constructeur :

Contacteurs-disjoncteurs tripolaires sans module de protection					
Puissance normalisée des moteurs triphasés en AC3		Courant d'emploi	Pouvoir de coupure	Référence	Tensions usuelles
230 V	400 V				
kW	kW	A	kA		
Sectionnement par pôles et consignation					
4	9	18	50	LD1-LB030•	B E F M Q
7.5	15	32	50	LD1-LC030•	B E F M Q
15	30 / 33	63	50	LD1-LD030•	B E F M Q

Pour un moteur d'une puissance de 7 kW (sous 400 V), il faut un contacteur qui permet de commander un moteur d'au moins 9 kW. En conséquence il faut commander l'appareil de référence : LD1-LB030. À cette référence, il manque le code de la tension de la bobine du contacteur.

Code de tension des bobines							
B	BC	E	F	FC	M	MC	Q
24 V	24 V	48 V	110 V	110 V	220 V	220 V	400 V
50 Hz	60 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	60 Hz	50/60 Hz

Supposons que la tension du circuit de commande est de 24 V AC 50Hz, la référence complète serait alors : LD1-LB030B.

## IV.2. Partie appareil de protection

Le principe est similaire aux autres appareils. Il y a ici une petite différence, car l'appareil peut comporter un réglage de la partie « magnétique ».

Comment faut-il procéder ? La partie magnétique risquerait de se déclencher de façon anormale au moment où le moteur démarre (3 à 7 In). En conséquence, il faut régler cet élément au moins à l'intensité de démarrage.

Deux solutions :

1. Elle est donnée (par exemple 6,5 In).
2. Elle est indiquée dans un catalogue. Il y a une colonne indiquée Id/In. Connaissant In (donné dans le tableau), il suffit de multiplier In par la valeur de la colonne Id/In, pour obtenir Id.

Puissance		Type à pattes	In sous 400 V, en A	Nn tr/MIN	Démarrage direct	
kW	ch approx.				Td/Tn	Id/In
0,09	0,12	MEUX 63 LL8	0,7	600	1,8	1,9
0,18	0,25	MEUX 63 LR8	0,9	695	2	2,6

## I. Définition

Un schéma de liaisons à la terre précise le mode de raccordement :

1. Du neutre par rapport à la terre.
2. Des masses métalliques.

**Remarque :** le neutre existe à partir du dernier transformateur, qui transforme la BTA en BT. Le point étoile du secondaire va être raccordé de deux façons possibles. Le conducteur raccordé à ce point étoile et distribué sera alors le neutre.

Pour désigner le schéma de liaisons à la terre, on utilise deux lettres.

### I.1. Première lettre

T : Neutre lié à la terre.

I : Neutre isolé ou impédant par rapport à la terre.

### I.2. Deuxième lettre

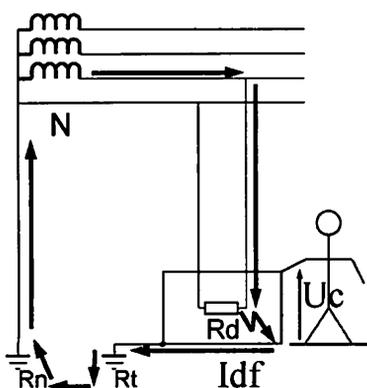
T : Masses métalliques reliées à la terre.

N : Masses métalliques reliées au neutre.

## II. Schéma TT

C'est le schéma principalement employé pour les installations domestiques, ainsi que pour les locaux recevant du public.

### II.1. Schéma



Le courant de défaut ( $I_{df}$ ) dépend principalement de :

1. La résistance de la prise de terre du neutre  $R_n$ .
2. La résistance de la prise de terre des masses  $R_u$ .
3. La résistance de défaut  $R_d$ .

En cas d'un défaut d'isolement, la personne risque d'être soumise à une tension de contact  $U_c$  :

$$U_c = R_u \times I_{df}$$

## II.2. Conséquence et réaction

### II.2.1. Application numérique

Soit  $R_n = 12 \Omega$ ,  $R_u = 15 \Omega$ ,  $R_d = 0.2 \Omega$ . La tension est 230/400 V.

$$I_{df} = 230 / (12 + 5 + 0,2).$$

$$I_{df} = 8,45 \text{ A.}$$

La tension de contact  $U_c = 15 \times 8.45 = 126 \text{ V}$ .

### II.2.2. Protection à mettre en œuvre

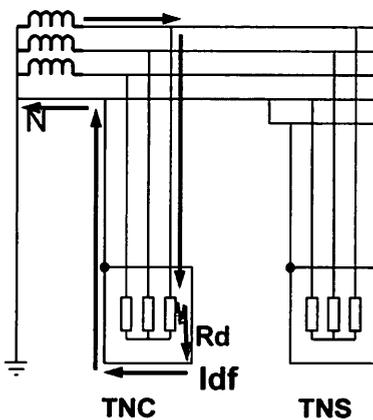
Dans beaucoup de cas (comme dans l'application numérique ci-dessus), la tension  $U_c$  est toujours supérieure à la tension désignée  $U_L$ , appelée tension limite non dangereuse.

→ Mettre un Dispositif Différentiel à courant Résiduel (DDR), associé à un disjoncteur ou un interrupteur.

Dans tous les cas, la coupure du circuit doit intervenir au premier défaut. Détermination du calibre du DDR (Consulter la fiche 3 § 3).

## III. Schéma TN

### III.1. Schéma



Deux schémas sont possibles :

1. N et PE sont confondus : Un seul conducteur qui sera appelé PEN  
→ TNC
2. N et PE sont séparés : Deux conducteurs sont distribués  
→ TNS

Le courant de défaut, n'est limité que par :

1. La résistance de défaut (généralement faible).
2. La résistance des conducteurs qui raccordent l'équipement.

### III.2. Conséquence et réaction

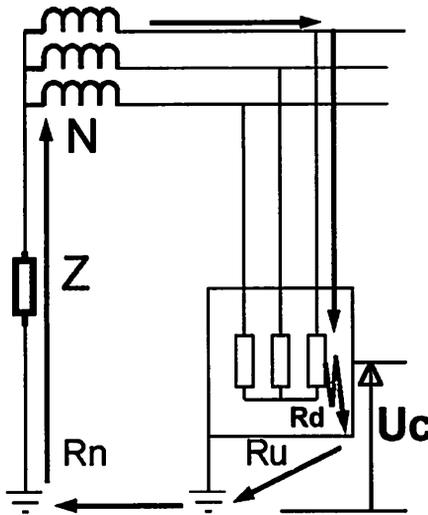
Le défaut s'apparente donc à un court-circuit. Dans les cas les plus fréquents la tension de contact  $U_c$  est proche de  $V/2$ , soit environ 115 V. La coupure doit avoir lieu dès le premier défaut.

Les appareils de protection sont :

1. Fusibles HPC (Haut Pouvoir de Coupure).
2. Disjoncteur magnétique.

## IV. Schéma IT

### IV.1. Premier défaut



L'intensité du courant de défaut est limitée par :

1. La résistance de défaut  $R_d$ .
2. La résistance de la prise de terre des masses  $R_u$ .
3. La résistance de prise de terre du neutre  $R_n$ .
4. L'impédance  $Z$ .

La tension de contact  $U_c$  qui apparaît est égale à :

$$U_c = R_u \times I_{df}$$

### IV.2. Conséquence et réaction

#### IV.2.1. Application numérique

Soit  $R_n = 12 \Omega$  ;  $R_u = 15 \Omega$  ;  $R_d = 2 \Omega$  ;  $Z = 2500 \Omega$ . La tension est 230/400 V.

$$I_{df} = 230 / (12 + 15 + 2 + 2500) ;$$

$$I_{df} = 90 \text{ mA} ;$$

$$\text{La tension de contact } U_c = 15 \times 0,09 = 1,35 \text{ V.}$$

#### IV.2.2. Conséquence et réaction

Cette tension n'est pas dangereuse.

Il n'est pas nécessaire d'interrompre le circuit en défaut. L'équipement fonctionne.

Toutefois il faut :

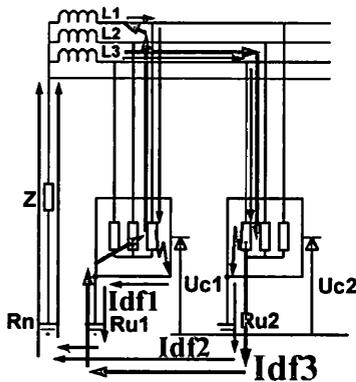
- Signaler ce défaut afin de le localiser et tenter de le supprimer rapidement.

Pour ce faire un appareil est placé aux bornes de  $Z$ .

- C'est le CPI : Contrôleur Permanent d'Isolation.

### IV.3. Deuxième défaut

Cas N° 1 : les masses métalliques sont interconnectées à des prises de terre différentes Ru1 et Ru2.



Idf1 et Idf2 sont les courants de défaut, que l'on peut qualifier de courant de premier défaut : ils n'engendrent pas de tension dangereuse dans Ru1 et Ru2.

Par contre Idf3, n'est limité que par :

1. Les résistances de la ligne électrique (très faibles).
2. Les résistances de défaut (très faibles voire nulles).
3. Les résistances de prises de terre des masses Ru1 et Ru2.

Soit  $Ru1 = 10\Omega$  et  $Ru2 = 15\Omega$ .

$Idf3 = 400 / (10 + 15) = 16$ .

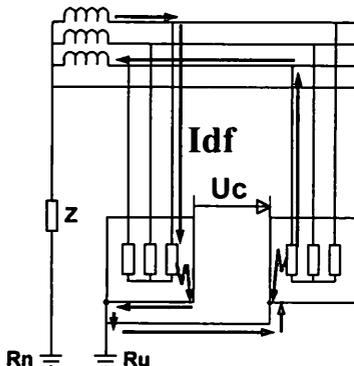
$Idf3 = 16$  A. Ce n'est pas un courant de court-circuit.

La tension de contact  $Uc1 = Idf3 \times Ru1$ , soit 160 V.

De même :  $Uc2 = Idf3 \times Ru2$ , soit 240 V. Ces tensions sont dangereuses.

→ Appareil de protection : DDR

Cas N° 2 : les masses métalliques sont interconnectées sur la même prise de terre des masses Ru.



Il existe deux autres courants Idf1 et Idf2, comme sur le montage précédent (non représentés ci-contre) qui ne présenteraient pas d'inconvénient s'ils étaient seuls. Le courant principal de défaut Idf, n'est limité que par la résistance de chaque défaut et la résistance de la ligne électrique (résistance donc très faible).

→ Ce courant Idf est un courant de court-circuit.

La tension  $Uc$  est d'environ 160 V, donc dangereuse dans tous les cas.

Appareil de protection :

1. Fusibles HPC (Haut Pouvoir de Coupure).
2. Disjoncteur magnétique.

**Remarque :** il est donc possible au moment du deuxième défaut que deux équipements, non proches, s'arrêtent et que nous trouvions sur chacun d'eux UN SEUL fusible détruit ! Attention aux pièges.

## I. Définition

Ce sont des auxiliaires, qui transforment une grandeur physique en une information électrique.

## II. Symbole

On note dans un rectangle la grandeur à contrôler, en utilisant une lettre ou un symbole normalisé comme indiqué ci-dessous :



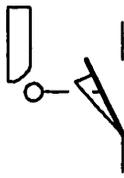
La lettre repère associée l'ensemble du symbole sera : B

Température :  $\theta$   
 Pression : p  
 Fréquence de rotation : n  
 Vitesse linéaire : v  
 Accélération : a  
 Niveau d'un fluide :

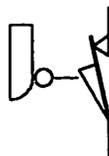


Cas particulier du capteur de position en contact physique avec l'élément à contrôler :

Il possède un symbole typique :



Voici ci-contre un contact F, le capteur *n'étant pas actionné mécaniquement* au repos de l'équipement.



Voici ci-contre un contact F, le capteur *étant actionné mécaniquement* au repos de l'équipement.

**Rappel** : dans un schéma, il faut toujours représenter les capteurs qui sont réellement actionnés dans les conditions normales de départ cycle (conditions initiales).

## III. Capteurs particuliers

Ce sont des capteurs qui ne sont pas en contact physique avec l'élément à contrôler. Ils sont couramment appelés capteurs de proximité.

### III.1. Câblage électrique de ces capteurs

#### III.1.1. Capteur polarisé : Il doit être alimenté par une tension continue

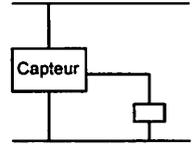
Ce type de capteur est appelé aussi « trois fils ».

Deux conducteurs sont utilisés pour alimenter la partie électronique du capteur.

Un autre conducteur associé à l'un des deux précédents assure la commande du signal de sortie.

Ce signal de sortie peut alimenter un relais (DC) ou être directement relié à une entrée d'un automate programmable.

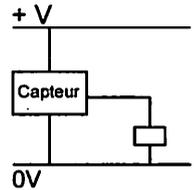
Deux sortes de capteur existent, selon le raccordement du signal de sortie. Ces deux sortes ne sont pas compatibles.



#### Capteur PNP :

Le relais est raccordé au potentiel « Négatif ». C'est donc un point commun au capteur et à la sortie.

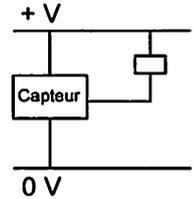
**Remarque :** la lettre N de « Négatif » est au milieu de sa dénomination (pNp).



#### Capteur NPN :

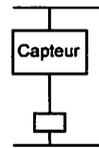
Le relais est raccordé au potentiel « Positif ». C'est donc un point commun au capteur et à la sortie.

**Remarque :** la lettre P de « Positif » est au milieu de sa dénomination (nPn).



#### III.1.2. Capteur non polarisé

Il ne comporte que deux conducteurs et, selon les cas, il peut être alimenté, soit par une tension alternative, soit par une tension continue (sans tenir compte des polarités).



### III.2. Symbole dans un schéma

Il dépend du type de capteur.

Type	Symbole	Type	Symbole
Général pour une proximité		Proximité inductif	
Photoélectrique		Proximité capacitif	

Deux possibilités pour terminer le schéma :

1. Dessiner le nombre de conducteurs, comme sur les schémas § 3.1.1 et 3.1.2.
2. Dessiner un « contact fictif », associé au symbole que vous avez déterminé.

### III.3. Choix des capteurs :

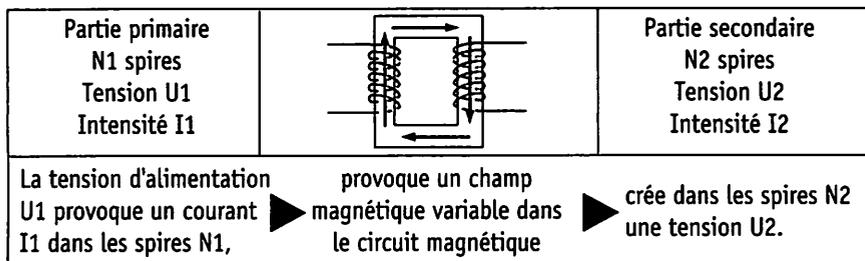
Type de capteur		Type de matériaux détectés	Portée de l'appareil
Inductif		Métallique. Les métaux ferreux donnent la meilleure sensibilité.	1 à 60 mm
Capacitif		Tous matériaux, principalement les matériaux isolants	15 à 20 mm
Photoélectrique	Barrage	Opaque et/ou réfléchissant, ambiance polluée (poussière)	4 à 30 m
	Reflex	Opaque et peu réfléchissant, ambiance non polluée	2 à 10 m
	Proximité	Transparent ou translucide, ambiance non polluée	Jusqu'à 1,5 m

La fibre optique fait partie des capteurs photoélectriques. Ceux-ci peuvent être du type barrage ou proximité.

Explications des différentes sortes de capteurs photoélectriques :

Barrage	Deux boîtiers : l'un est émetteur, l'autre est récepteur. L'objet à détecter coupe le faisceau.	
Reflex	Dans le même boîtier il y a l'émetteur et le récepteur. Cela oblige de mettre un réflecteur. L'objet à détecter coupe le faisceau.	
Proximité	Un seul boîtier où il y a l'émetteur et le récepteur. L'objet à détecter faisant office de réflecteur.	

## I. Principe



## II. Relations fondamentales

### II.1. Rapport de transformation

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = k.$$

### II.2. Puissance d'un transformateur

$$S = U_1 \times I_1 = U_2 \times I_2.$$

L'unité est le Voltampère (VA).

## III. Constitution

### III.1. Circuit magnétique

Il a pour fonction de canaliser le champ magnétique avec le moins de pertes possibles (pertes fers par courant de Foucault).

Pour cela le circuit est constitué d'un empilage de tôles isolées entre elles (le circuit est dit feuilleté).

La forme de la section du noyau magnétique se rapproche d'un cercle au fur et à mesure de la qualité du transformateur.



Section de noyaux magnétiques

### III.2. Circuit électrique

Les enroulements sont réalisés à l'aide d'un fil isolé (émail) enroulé sur un support isolant.

Entre le primaire et le secondaire il y a :

1. une couche d'un film isolant ;
2. un feuillard de cuivre ;
3. une nouvelle couche de film isolant.

Ce mode de construction permet de garantir que le primaire et le secondaire ne pourront pas être en contact « électrique » (sécurité).

## IV. Caractéristiques électriques

### IV.1. Rendement

Ce type d'appareil a un très bon rendement.

Les pertes sont :

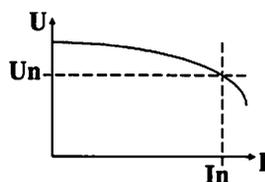
1. Les pertes joules au niveau du primaire ;
2. les pertes joules au niveau du secondaire ;
3. les pertes fers au niveau du circuit magnétique.

### IV.2. Caractéristiques tension/courant

Les informations données par le constructeur, correspondent toujours à des valeurs nominales.

Un transformateur 230/24 V / 240 VA, indique donc qu'il est capable de fournir une tension de 24 V sous 10 A.

Lors d'une mesure à vide (ou tout au moins pas en pleine charge) la tension mesurée au secondaire sera toujours plus grande (à vide il faut envisager 110 % de  $U_n$ ).



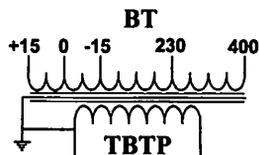
### IV.3. Adaptation de la tension au primaire

Sur une installation électrique, il est concevable que certains équipements soient installés près du générateur tandis que d'autres seront très éloignés de celui-ci.

Bien que les lignes présentent une résistance très faible, il faut adapter le branchement du transformateur en fonction de la charge du réseau.

C'est pour cela que certains transformateurs possèdent des bornes supplémentaires.

Exemple : soit une installation dont la tension mesurée est de 410 V au lieu de 400 V. Il faudra raccorder le transformateur aux bornes 400 et +15 V.



Ce moyen permet d'avoir une TBT presque de la même valeur quelle que soit la tension du réseau où est installé l'équipement.

#### IV.4. Protections à mettre en œuvre

- Protection de la ligne d'alimentation du transformateur (donc coté primaire) : fusible type aM (pointe d'intensité au moment de la mise sous tension du primaire).
  - Protection du secondaire du transformateur : fusible gG.
- Dans les deux cas, il est possible de mettre en place des disjoncteurs magnétothermiques courbe C.

### V. Choix d'un transformateur d'équipement électrique : Méthode Legrand

#### V.1. Dimensionnement du transformateur

Pour dimensionner un transformateur, il faut calculer la puissance instantanée admissible (puissance d'appel).

Pour un équipement comportant des automatismes, la puissance d'un transformateur dépend :

- De la puissance maximale nécessaire à un instant donné (puissance d'appel).
- De la puissance permanente absorbée par le circuit.

#### V.2. Déterminer la puissance d'appel

Pour déterminer cette puissance, nous tenons compte des hypothèses suivantes :

- 2 appels ne peuvent se produire en même temps ;
- un facteur de puissance  $\cos \varphi$  de 0,5 à l'enclenchement ;
- 80 % des appareils au maximum sont alimentés en même temps.

$$P \text{ appel} = 0,8(\Sigma P_m + \Sigma P_v + P_a)$$

$\Sigma P_m$  : somme de toutes les puissances de maintien des contacteurs ;

$\Sigma P_v$  : somme de toutes les puissances des voyants ;

$P_a$  : puissance d'appel du plus gros contacteur.

*Exemple* : une armoire de commande de machine-outil comportant :

- 10 contacteurs pour moteur 4 kW, puissance de maintien 8 VA ;
- 4 contacteurs pour moteur 18,5 kW, puissance de maintien 20 VA ;
- 1 contacteur moteur 45 kW, puissance de maintien 20 VA, puissance d'appel 250 VA ;
- 25 relais, puissance de maintien 4VA ;

> 45 voyants de signalisation, consommation 1 VA

Donc  $\Sigma P_m = 10 \times 8 = 80 \text{ VA}$        $\Sigma P_v = 45 \times 1 = 45 \text{ VA.}$

$4 \times 20 = 80 \text{ VA}$

$1 \times 20 = 20 \text{ VA}$

$P_a = 250 \text{ VA.}$

$25 \times 4 = 100 \text{ VA}$

280 VA.

$P_{\text{appel}} = 0,8(280 + 45 + 250) = 460 \text{ VA.}$

### V.3. Déterminer la puissance du transformateur

À partir de la puissance d'appel à  $\text{Cos } \varphi = 0,5$ , lire dans le tableau ci-dessous :

Puissance Nominale en VA	Puissance instantanée admissible avec $\text{Cos } \varphi$ :							
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
40	120	100	88	79	71	64	59	55
63	230	200	170	150	140	130	120	110
100	320	280	240	220	200	180	160	150
160	770	670	590	520	470	440	400	390

→ Puissance du transformateur 160 VA.

## I. Objectif

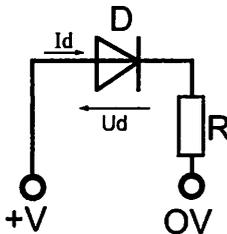
Obtenir, à partir d'une tension alternative, une tension qui est « toujours dans le même sens ».

## II. Composant de base : La diode

### II.1. Symbole



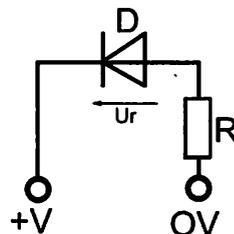
### II.2. Fonctionnement



La diode est dans le sens passant, elle se comporte « comme un contact fermé ».

Toutefois, il existe une tension aux bornes de la diode  $U_d$ .

Cela signifie que la diode doit pouvoir supporter un échauffement qui est égale à  $U_d \times I_d$ .



La diode est dans le sens bloqué, elle se comporte « comme un contact ouvert ».

Toutefois, elle risque de se détruire si la tension dépasse la valeur pour laquelle le constructeur la garantit. Cette tension se nomme tension inverse :  $U_r$ .

Les deux principales caractéristiques indiquées par les constructeurs sont : > Tension en inverse :  $U_r$  ;

> Intensité dans le sens direct :  $I_d$ .

Dans un premier temps, ces deux valeurs seront les critères de choix.

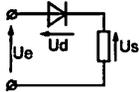
**Remarque :** dans une première approximation, il est souvent indiqué que la tension  $U_d$  a pour valeur 1 V.

### III. Redressement mono-alternance

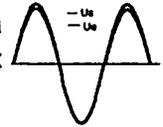
La tension  $U_e$ , alternative, peut se décomposer en deux parties : l'une positive, l'autre négative.

Quand la tension alternative est positive la diode est dans le sens passant. Le récepteur est alimenté par une tension égale à :

$$U_s = U_e - U_d.$$



Quand la tension alternative est négative, la diode est dans le sens bloqué. La tension aux bornes du récepteur est nulle.



La diode doit bloquer la tension  $U_e$ .

La tension obtenue aux bornes du récepteur est la suivante.

Critiques du montage :

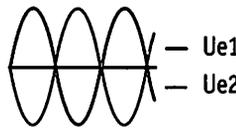
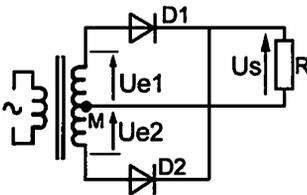
- Montage simple, applicable sur n'importe quelle tension, sans avoir besoin de transformateur.
- Pendant la moitié du temps, la tension aux bornes du récepteur est nulle. La tension aux bornes du récepteur est inférieure à  $U_e$  ( $U_s = U_e - U_d$ ).



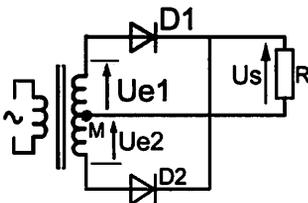
### IV. Redressement double alternance

#### IV.1. Avec deux diodes

Ce montage nécessite obligatoirement un transformateur particulier, appelé transformateur à point milieu. Il doit fournir deux fois la même tension.



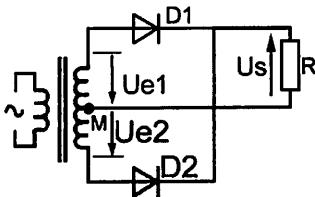
Par rapport au point M, la tension  $U_{e1}$  est en opposition par rapport à la tension  $U_{e2}$ .



Quand  $U_{e1}$  est positive, la diode  $D1$  est dans le sens passant, alors que la diode  $D2$  est dans le sens bloqué.

On obtient un redressement mono-alternance par  $D1$ .





Quand  $U_{e2}$  est positive, la diode  $D2$  est dans le sens passant, alors que la diode  $D1$  est dans le sens bloqué. On obtient un redressement mono-alternance par  $D2$ .



**Conclusion :**

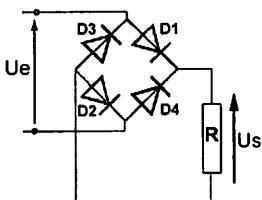
La tension obtenue aux bornes du récepteur est la suivante :



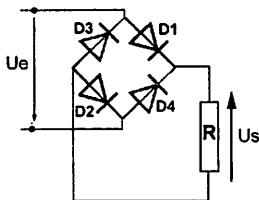
**Critiques du montage :**

- $U_{e1}$  est rarement identique à  $U_{e2}$  : la tension obtenue est rarement symétrique.
- Utilisable uniquement avec un transformateur à point milieu.
- La tension s'annule tous les 10 ms.
- La tension inverse, que chaque diode doit supporter est de  $2 U_{e \max}$ .

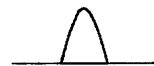
## IV.2. Redressement en pont de GREATZ



Quand la tension alternative est positive, les diodes  $D1$  et  $D2$  sont passantes ( $D3$  et  $D4$  sont bloquées).



Quand la tension alternative est négative, les diodes  $D3$  et  $D4$  sont passantes ( $D1$  et  $D2$  sont bloquées). La tension  $U_e$  se trouve redressée.



**Conclusion :**

La tension obtenue aux bornes du récepteur est la suivante.



Elle ressemble à la tension obtenue par le montage précédent, mais cette fois elle est parfaitement symétrique.

**Critiques du montage :**

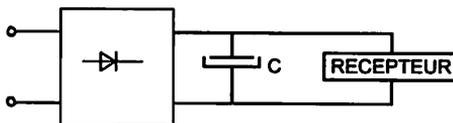
- Deux diodes sont utilisées pour chaque demi alternance, ce qui entraîne une chute de tension de  $2 \times U_d$ .
- La tension s'annule tous les 10 ms.

## I. Présentation

Dans la fiche précédente, nous avons vu comment obtenir une tension qui est toujours dans le même sens mais qui est loin d'être une tension continue telle qu'un générateur chimique (pile, batterie) en fournit. À l'aide de certains composants très courants, il est possible de se rapprocher d'une tension continue.

## II. Le filtrage

Un condensateur va être placé en parallèle avec le tension que fournit un dispositif de redressement.



### II.1. Rôle du condensateur

Quand la tension fournie par le redresseur sera :

1. Supérieure à la tension aux bornes du condensateur, le condensateur va se comporter comme un récepteur et se charger.
2. Inférieure à la tension aux bornes du condensateur, le condensateur va se comporter comme un générateur et va alimenter le récepteur : il se décharge.

### II.2. Application sur un redressement

Simple alternance



La valeur du condensateur est ici insuffisante, mais il permet de constater que la tension n'est plus nulle pendant la moitié du temps.

Double alternance



La valeur du condensateur a été augmentée. Mais comme la tension de départ est deux fois plus forte, le résultat est déjà bien meilleur.

Quand le condensateur est bien déterminé, la tension ne passe plus par la valeur 0 Volt.

**Remarque :** les diodes qui assurent la fonction de redressement « fonctionnent » moins longtemps et fournissent une puissance plus grande (récepteur + charge du condensateur). Il faut en tenir compte pour déterminer les diodes.

## II.3. Détermination de la valeur du condensateur

D'une façon empirique, voici une façon simple de déterminer la valeur du condensateur.

$\Delta U / U_{\text{moy}} = 0.1$  et  $C = I_{\text{max}} / 100 \Delta U$ .

$U_{\text{moy}}$  représente la tension continue souhaitée.

Exemple :  $I = 1 \text{ A}$ ,  $U_{\text{moy}} = 12 \text{ V}$ .

$\Delta U = 0,1 \times 12 = 1,2$ .

$C = 1/1200 = 833 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ .

La valeur réelle sera alors un condensateur au moins égal à cette valeur, soit 1000 microfarads.



## III. Le régulateur

La tension obtenue précédemment n'est toujours pas une tension continue. En ajoutant un composant appelé régulateur, il est possible d'obtenir une tension similaire à une tension continue.

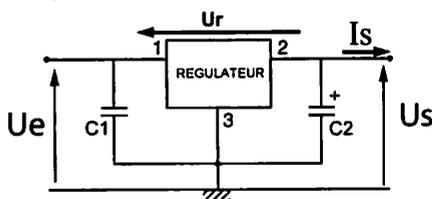
### III.1. Schéma

Il faut très peu de composants supplémentaires.

Le schéma ci-dessous, représente un régulateur positif, mais il existe un composant symétrique afin de créer une tension négative.

La relation électrotechnique est la suivante :  $U_e = U_r + U_s$ .

Principe :



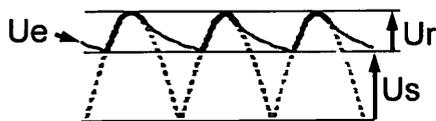
Le régulateur a pour fonction d'absorber la tension qui est encore variable, afin que la tension  $U_s$  soit « continue ».

Il faut qu'il soit suffisamment dimensionné et avec éventuellement

un radiateur pour pouvoir « évacuer » l'échauffement qui en découle, qui est au maximum égal à  $U_r \times I_s$ .

Ce type de régulateur est autoprotégé contre un échauffement anormal et même contre un court-circuit : il abaisse automatiquement la tension  $U_s$  (par conséquent  $I_s$ ), limitant ainsi son échauffement.

Avec la tension obtenue avec filtrage, il faut que la tension  $U_s$  soit juste en dessous de la valeur la plus faible de la tension  $U_e$ .



La tension aux bornes du régulateur ( $U_r$ ) est donc variable. Il se

comporte comme une « gomme » électrique.

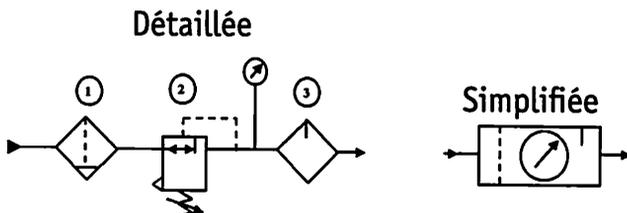
## I. Le traitement de l'air

Il se compose au maximum de :

- ① Un filtre : retient les fines particules et retire l'eau qui se trouve dans le circuit de distribution générale de l'entreprise.
- ② Un régulateur de pression : il permet de maintenir constante la pression de l'air quel que soit le débit de l'air.
- ③ Un lubrificateur : incorpore un brouillard d'huile dans le circuit.

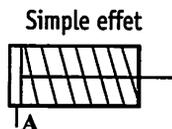
**Remarque :** parfois le lubrificateur ne doit pas être mis en place, car l'huile peut détruire certains éléments des composants pneumatiques. Cet ensemble est couramment nommé par la profession : FRL (Ce sont les premières lettres de chaque appareil).

### Symboles

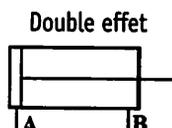


## II. Actionneurs

Ce sont des vérins. Ils peuvent être :



Quand une pression est sur l'orifice « A », la tige du vérin sort.  
Quand la pression cesse, la tige revient automatiquement grâce au ressort.



Quand une pression sur l'orifice « A » et si l'orifice « B » est à l'échappement, la tige du vérin sort.

Pour provoquer la rentrée de la tige il est alors nécessaire de :

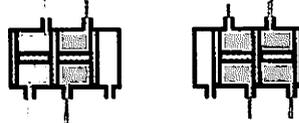
- > Mettre une pression sur l'orifice « B » et mettre l'orifice « A » à l'échappement.

Il existe d'autres vérins, mais qui sont des extensions de ces 2 types.

### III. Préactionneurs

Un distributeur se désigne par :

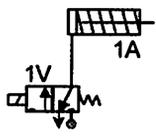
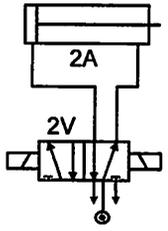
- Son nombre d'orifices : le nombre de conduits pneumatiques que l'on peut câbler sur le distributeur.
- Son nombre de positions : chaque position est représentée sous forme d'un carré. On dessine dedans les liaisons pneumatiques qu'il assure pour chaque position.

Désignation	Symbole	Commentaires
2/2		Il peut être comme nos contacts du type O ou F. Pour les distributeurs on dit souvent NF et NO. Celui qui est représenté est : NF. Ils sont souvent utilisés comme bloqueur. Ils sont montés sur l'orifice du vérin.
3/2		C'est l'équivalent de notre va-et-vient. Il est employé pour alimenter un vérin simple effet ou son équivalent. 
4/2		Ce sont des distributeurs qui sont utilisés pour alimenter des vérins double effet ou leurs équivalents. Fonctionnement. 
5/2		

Ces distributeurs peuvent être commandés de plusieurs façons. Comme il y a deux positions, il y aura toujours deux commandes qui seront dessinées de part et d'autre des symboles. Tous les symboles de la page suivante peuvent être associés à chaque distributeur ci-dessus.

Pour le mettre à 1 : Commande		Pour le mettre à 0 : Rappel	
Désignation	Symbole	Désignation	Symbole
Bouton poussoir		Ressort : appareil monostable	
Galet (fin de course)		Verrouillage : 2 positions fixes	
Pression		Pression : appareil bistable	
Électrique		Électrique : appareil bistable	
Électropneumatique		Électropneumatique : appareil bistable	

### IV. Montages de base

Schéma de principe	Symbole	Commentaires
		C'est une bobine qui aura dans un schéma électrique comme : > repère Y > symbole Y1 
		Ce symbole indique la présence de la pression pneumatique : c'est le générateur. Il est possible de le dessiner autant de fois que l'on veut dans un schéma. Cela évite de représenter un certain nombre de « conduites » qui assurent cette fonction.
		Échappement. L'air qui a été admis dans le vérin doit pouvoir s'échapper quand la tige du vérin doit revenir à sa position de repos.
	2V	Identification normalisée d'un distributeur : un chiffre + la lettre V.
	2A	Identification normalisée d'un vérin : un chiffre + la lettre A. Le chiffre doit être le même que celui du distributeur qui est associé au vérin. Souvent l'écriture 2A+ indique que la tige du vérin sort et 2A- que la tige rentre.
	Repères des électrovannes	Il y a plusieurs écritures : > YVA et YVB. > YV+, YV- > Y1-1, Y1-0 Dans tous les cas la première écriture doit permettre la sortie de la tige et la deuxième la rentrée de la tige.

### V. Accessoire

L'air ne peut pas passer dans le sens 2 → 1. Par contre il passe librement dans le sens 1 → 2.



C'est un étranglement réglable. Il permet de limiter le débit de l'air et ainsi de modifier la vitesse de déplacement de la tige du vérin.

Cet accessoire se place généralement sur le corps du vérin sur chaque orifice, afin de pouvoir régler différemment la vitesse de sortie et la vitesse de rentrée de la tige.

**Remarque :** le réglage est toujours obtenu par le débit de l'air du côté échappement.

## I. Être habilité c'est quoi ?

C'est la reconnaissance par son employeur de la **capacité d'une personne** à accomplir en **sécurité** les tâches fixées. Elle est matérialisée par un **titre d'habilitation délivré par l'employeur**, après une formation théorique et pratique (initiale ou continue) et une visite médicale.

## II. Quelques définitions

*Les travaux* : ce sont des opérations dont le but est de réaliser, de modifier, d'entretenir ou de réparer un ouvrage électrique.

Les travaux font l'objet d'une préparation soit au coup par coup, soit générale.

*L'intervention* : c'est une opération de courte durée et n'intéressant qu'une faible étendue de l'ouvrage réalisé, sur une installation ou un équipement.

Elle fait l'objet d'une analyse sur place. Elle est limitée aux domaines TBT et BT. C'est par exemple :

- une intervention de dépannage ;
- une intervention de connexion avec présence de tension (BT, BTA) ;
- une intervention particulière de remplacement (fusible, lampe).

## III. Les fusibles

### III.1. Fonctions

- Protéger le circuit amont contre les courts-circuits.
- Protéger une personne contre les contacts indirects en schéma, TN et IT.

### III.2. Différents types et utilisations

- aM : pour un circuit comportant un moteur (ou un primaire de transformateur).
- gG : usage général.
- Domestique : calibre imposé en fonction du circuit, dimension imposée et plus récemment identification par une couleur.

## IV. Domaines de tension

Domaine	Stgles	en AC	en DC
Très Basse Tension	TBT	$\leq 50 \text{ V}$	$U \leq 120 \text{ V}$
Basse Tension A	BTA	$50 \text{ V} < U \leq 500 \text{ V}$	$120 \text{ V} < U \leq 750 \text{ V}$
Basse Tension B	BTB	$500 \text{ V} < U \leq 1\,000 \text{ V}$	$750 \text{ V} < U \leq 1\,500 \text{ V}$
Haute Tension A	HTA	$1\,000 \text{ V} < U \leq 50\,000 \text{ V}$	$1\,500 \text{ V} < U \leq 7\,500 \text{ V}$
Haute Tension B	HTB	$50\,000 \text{ V} < U$	$7\,500 \text{ V} < U$

## V. Distances par rapports aux pièces nues sous tension

Lors d'une intervention, il se peut qu'une personne soit amenée à travailler à proximité d'un matériel présentant des masses métalliques sous tension. Les cas les plus fréquents sont :

- mesurage sur éléments non isolés ;
- travail proche de matériels non isolés appelés NON IP2X.

Il est nécessaire d'être capable d'analyser les risques et d'utiliser le matériel adapté à la situation.

### V.1. DMA : Distance Minimale d'Approche

Pour des travaux ou des interventions, cette distance définit une zone de travail sous tension :

➔ RISQUES TRÈS IMPORTANTS ➔

### V.2. DLV : Distance Limite de Voisinage

Elle définit une zone de travail ou d'intervention dite au voisinage :

➔ RISQUES ➔

### V.3. À retenir :

Dans le domaine BT la DLV = la DMA = 0,30 m.

Cette zone à risques peut être considérée comme un zone de travail (ou d'intervention) sous tension ou comme une zone de voisinage.

Les risques sont : ➔ Court-circuit par de l'outillage mal adapté.  
➔ Contacts directs.

## VI. Effets de l'énergie électrique sur l'organisme

Une « simple châtaigne » est **TOUJOURS** à prendre très au **sérieux**.

Les effets, sur le corps humain, sont fonction de :

- l'intensité qui traverse le corps ;
- la durée du passage de l'intensité.

## VI.1. Effet thermique

Cela se traduit par des risques de brûlures externes et internes qui peuvent avoir des conséquences graves (hémorragie interne, destruction partielle, voire totale de certains organes vitaux).

## VI.2. Effet exo-moteur

Cela peut se traduire par :

- le rejet de la victime ;
- le « collage » de la victime ;
- le blocage du muscle respiratoire ;
- la fibrillation ventriculaire (atteinte du cœur).

## VI.3. Conséquences

Électrisation : la personne est choquée, mais vivante (avec parfois des séquelles, qui peuvent être très graves).

ÉLECTROCUTION : décès immédiat d'origine électrique.

## VI.4. À retenir

En courant alternatif, le seuil de fibrillation ventriculaire irréversible est de 75 mA.

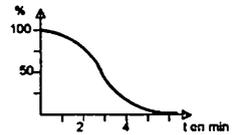
## VII. Interventions en cas d'accident électrique

1 → **Protéger** : couper la source d'énergie qui provoque l'électrisation.

*Attention* : ne pas toucher la victime (sauf avec une perche isolante).

2 → **Secourir** : intervenir rapidement pour réanimer la victime (courbe ci-contre : au bout de 6 min il ne reste plus que 1 % de probabilité de réanimation).

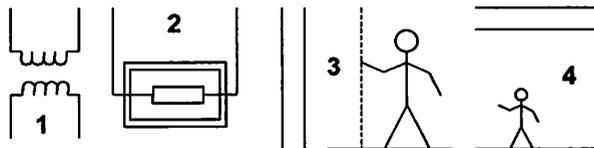
3 → **Alerter** : les secours d'urgence interne à l'entreprise, ou externe (SAMU).



## VIII. Protections contre les contacts directs

Les moyens de protection sont de deux types :

1. **PASSIF** : tout est fait pour que la personne ne soit pas en contact avec l'énergie électrique, ou en contact avec une tension considérée comme non dangereuse.



1. Très Basse Tension (TBT).
  2. Double isolement : le symbole sur l'appareil est .
  3. Obstacle (porte d'armoire, etc.).
  4. Éloignement (ligne aérienne).
2. ACTIF : dispositif qui va couper le circuit défaillant. Ce doit être un DDR haute sensibilité (inférieure ou égale à 30 mA).  
DDR = Différentiel (disjoncteur ou interrupteur).

## IX. Se protéger

### IX.1. Pourquoi ?

Lors de tous travaux ou interventions sur un ouvrage, une partie d'un ouvrage ou d'un équipement, une personne habilitée doit être capable de veiller à sa sécurité et à celle des autres.

### IX.2. Contre quoi ?

- > Les contacts directs, avec des pièces nues sous tension.
- > Les courts-circuits, par l'intermédiaire d'outils inadaptés.

### IX.3. Quand ?

Quand il y a des risques !

- > Travail dans la zone de voisinage. (En basse tension la DLV = 0.30 m.)

### IX.4. Comment ?

Cas d'un travail à proximité :

1. Il faut isoler la zone qui comporte des éléments nus sous tension.
  - > Mise en place d'une nappe isolante (écran).
  - > Porter les EPI : Équipements de Protection Individuelle.

2. Cas d'un travail sur des éléments nus sous tension :

Il faut **IMPÉRATIVEMENT** porter les EPI :

- > Gants isolants : ils assurent une protection contre les contacts directs et les projections de métal lors d'un court-circuit.
- > Écran facial : il assure une protection du visage contre l'arc électrique (lumière UV et projections de métal) lors d'un court-circuit.
- > Casque (ou coiffe isolante) : cas d'un travail en hauteur, ou de risque de chute d'éléments sur la tête ou de risque de contact direct avec la tête.

*Précautions :*

Il faut fréquemment (avant chaque utilisation), contrôler le parfait état de l'isolation des outils.

*Cas des gants isolants :*

Il faut contrôler que les gants ne soient pas percés (ou poreux).

Le contrôle doit se faire régulièrement (si possible avant chaque utilisation).

## **X. IPS et CPS**

### **X.1. IPS**

**Instruction Permanente de Sécurité**

- C'est un document écrit, établi par l'employeur ;
- à l'usage du chargé de travaux ;
- fixant pour un ou plusieurs types d'opérations :
  - ◆ les conditions d'exécutions,
  - ◆ les conditions relatives aux personnels (désignation, habilitation, surveillance),
  - ◆ les conditions relatives aux matériels et à l'outillage,
  - ◆ les modalités des opérations, si nécessaires,
  - ◆ les précautions à observer (balisage, matérialisation des limites...).

Dans certains cas, l'IPS est remplacée par une CPS.

### **X.2. CPS**

**Consigne Particulière de Sécurité**

C'est un document remis à chaque intéressé, contre émargement, indiquant les consignes propres aux opérations à caractère spécifique ou occasionnel.

## **XI. Indices de protection : IP, IK**

La norme qualifie chaque local et impose les Indices de Protection. Cela indique que la norme dicte le matériel à mettre en place dans ces locaux. Cet indice est un indice MINIMUM.

Dans un catalogue de matériel électrique, l'indice IP de protection est toujours indiqué (en fonction du matériel, l'indice IK est parfois indiqué).

Le premier chiffre de l'IP indique la protection contre la pénétration de corps solides étrangers.

Le deuxième chiffre de l'IP indique la protection contre la pénétration de l'eau avec effets nuisibles.

L'indice IK indique la protection contre les chocs.

Classes de matériel	Explications	Indications sur l'appareil
0	Les parties conductrices accessibles ne peuvent pas être raccordées à un conducteur de protection. Appareil ancien et bientôt totalement interdit.	RIEN
1	Appareil dont toutes les parties conductrices sont reliées à un conducteur de protection.	
2	Double isolation ou isolation renforcée. Ces appareils ne comportent pas de conducteur de protection. Les masses conductrices sont isolées des parties sous tension.	
3	Appareil alimenté par une tension TBTS (voir § 12.3).	

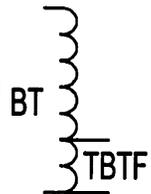
## XII. Les TBT

### XII.1. La TBTF : Très Basse Tension Fonctionnelle

Cette TBTF est obtenue avec un autotransformateur.

Elle n'apporte pas de sécurité. Elle est aussi dangereuse que la BASSE TENSION (BT).

Il faut appliquer les mêmes règles de sécurité que la BT : DDR (différentiel).



### XII.2. La TBTP : Très Basse Tension de Protection

> Cette TBTP est obtenue avec un transformateur.

> La TBT est indépendante des autres sources.

Un point de la TBT est raccordé à la masse du transformateur elle-même reliée à un conducteur de protection.

Cette tension apporte une sécurité :

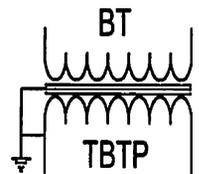
> Pour les locaux secs si  $U < 25$  V.

> Pour les locaux mouillés si  $U < 12$  V.

> Dans ces cas, il est inutile de prévoir des mesures de protection contre les contacts directs et contre les contacts indirects.

**Remarque :** ce montage est obligatoire sur toutes les machines de production.

**Attention :** ne pas oublier que le risque de court-circuit existe toujours, sauf si la puissance du transformateur est faible ( $< 40$  VA).

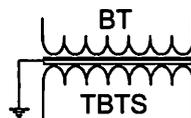


## XII.3. La TBTS : Très Basse Tension de Sécurité

Cette TBTS est obtenue avec un transformateur.

La TBT est indépendante des autres sources.

AUCUN point de la TBT n'est raccordé à la masse du transformateur.



Ce type de TBT est obligatoire pour alimenter une baladeuse dans les lieux à risques.

Cette tension apporte une sécurité :

- pour les locaux secs si  $U < 50 \text{ V}$  ;
- pour les locaux mouillés si  $U < 25 \text{ V}$  ;
- les appareils raccordés sur ce transformateur doivent être à double isolation.

Dans ces cas, il est inutile de prévoir des mesures de protection contre les contacts directs et contre les contacts indirects.

*Attention* : ne pas oublier que le risque de court-circuit existe toujours, sauf si la puissance du transformateur est faible ( $< 40 \text{ VA}$ ).

## XIII. Niveaux d'habilitation

### XIII.1. Où ? Une lettre

Cela précise dans quel domaine de tension le travailleur peut opérer :

- B : BT ou TBT.
- H : haute tension.

### XIII.2. Qui ? Un chiffre

Cela indique qui peut faire la ou les opérations demandées :

- 0 : personnel réalisant des travaux non électriques.
- 1 : personnel réalisant des travaux électriques.
- 2 : chargé de travaux.

### XIII.3. Quoi ? Une lettre

Cela indique ce que le travailleur peut faire :

- Rien : travaux hors tension.
- T : travaux sous tension.
- V : travaux au voisinage.
- C : peut assurer la consignation d'une installation.
- R : peut réaliser uniquement des interventions en BT.
- S : peut réaliser de petites interventions BT prédéterminées et préparées.
- N : agent de nettoyage sous tension.

**XIII.4. Exemple :**

Un électricien pouvant réaliser des travaux au voisinage, doit avoir au moins l'habilitation B1V.

**Remarque :** une même personne peut avoir plusieurs habilitations, par exemple : B2V, BR, BC...

**XIII.5. Surveillant de sécurité électrique**

Il est désigné par son employeur.

Cette personne est habilitée B0, B1, B2, BR, en fonction des travaux qu'elle doit surveiller.

Elle doit assurer la sécurité des personnes travaillant principalement au voisinage de pièces nues sous tension.

*Attention :* ne pas oublier que pour faire un travail ou une intervention, il faut être habilité et être **désigné** (ordre de travail écrit ou oral, unique ou permanent).

**XIX. Consigner une installation, un équipement****XIV.1. Pourquoi ?**

Pour mettre hors tension une partie d'une installation, un équipement, afin de réaliser des travaux, des interventions en toute sécurité.

**XIV.2. Quelle procédure faut-il respecter ?**

Opérations à effectuer	Réalisée par	Remarques
1. SÉPARATION DE CE CIRCUIT DE TOUTE SOURCE D'ÉNERGIE	Chargé de consignation BC	Sur tous les conducteurs actifs y compris le neutre.
2. CONdamnATION EN POSITION D'OUVERTURE	Chargé de consignation BC	1. IMMOBILISER, par blocage mécanique. 2. SIGNALER l'interdiction de manœuvrer.
3. IDENTIFICATION DU CIRCUIT À CONSIGNER	Chargé de consignation ou Chargé de travaux BC/B2	S'assurer que les travaux seront bien effectués sur la partie mise hors tension.

<p>4. VÉRIFICATION DE L'ABSENCE DE TENSION</p>	<p>Chargé de consignation ou Chargé de travaux BC/B2</p>	<p>Sur tous les ouvrages concernés dans tous les cas. Aussi près que possible de la zone de travail. Utiliser un appareil spécifique appelé VAT : 1. Contrôle du VAT. 2. Contrôle de l'absence de la tension en aval de l'appareil qui assure la coupure. 3. Vérification de l'absence de tension sur le lieu de l'intervention.</p>
<p>5. MISE À LA TERRE ET EN COURT-CIRCUIT</p>	<p>Chargé de consignation ou Chargé de travaux BC/B2</p>	<p>En BTA, conseillé. Obligatoire si l'appareil ne dispose pas de moyen de blocage.</p>

Une personne habilitée BR dans le cadre d'une intervention peut assurer une consignation complète pour lui-même.

## XV. Incendie d'origine électrique

- Alerter les services internes ou/et externes.
- Mettre hors tension l'installation en cause.
- Procéder à l'extinction à l'aide de matériels appropriés :  
→ Ne pas utiliser un dispositif à eau à jet plein.

## XVI. Arrêt et coupure d'urgence

### XVI.1. Arrêt d'urgence

C'est un dispositif de sécurité, facilement et rapidement accessible, permettant de provoquer l'arrêt quasi immédiat de la machine.

**ATTENTION** : le dispositif d'arrêt d'urgence ne met pas forcément hors tension la machine, l'équipement.

### XVI.2. Coupure d'urgence

C'est un dispositif de sécurité, facilement et rapidement accessible, qui en une seule manœuvre permet de couper en charge tous les conducteurs actifs.

**Remarque** : le dispositif de coupure d'urgence met toujours hors tension la machine, l'installation considérée. Parfois ce dispositif coupe toutes les énergies de la machine.

## XVII. Échafaudage, Échelle

### XVII.1. Échafaudage

C'est un dispositif qui permet d'effectuer des travaux en hauteur.

Précautions à respecter :

- Un échafaudage doit être bloqué avant qu'une (ou plusieurs) personne(s) ne travaille(nt) dessus.
- Un échafaudage ne doit pas être déplacé quand une personne est encore dessus.

### XVII.2. Échelle

C'est un dispositif qui ne permet pas d'effectuer des travaux en hauteur.

→ Une échelle ne doit pas :

- ÊTRE RÉPARÉE : un défaut, même s'il paraît minime, peut provoquer un accident grave.
- ÊTRE REPEINTE : des défauts, même faibles, risquent d'être cachés.
- Pour monter ou descendre d'une échelle il faut avoir le visage tourné vers l'échelle et tenir les échelons.

## XVIII. Prolongateur

### XVIII.1. Emploi

Utiliser un appareil, mobile ou portatif, loin d'une prise de courant.

### XVIII.2. Précautions

Un touret dérouleur doit être complètement déroulé avant d'être utilisé. Si ce n'était pas le cas, un échauffement important pourrait provoquer la destruction des isolants et produire un court-circuit.

Toutefois, on peut l'utiliser sans le dérouler complètement mais sa puissance utile est alors du 1/3 de sa puissance nominale.

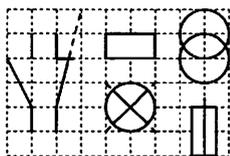
### XVIII.3. Raccordement à respecter : cas de travaux en extérieur

Il faut placer un DDR haute sensibilité (rappel  $I_n \leq 30 \text{ mA}$ ) et le mettre sur la prise fixe. Raccorder ensuite le dérouleur, puis l'appareil portatif. Il faut toujours contrôler attentivement l'état du matériel (câble, etc.) et s'assurer de son bon fonctionnement : test du DDR.

## I. Les circuits domestiques : schéma développé

Désignation	Lettre	Symbole	Désignation	Lettre	Symbole
Interrupteur simple allumage	S		Interrupteur double allumage	S	
Interrupteur Va et vient	S		Porte-fusibles bipolaire Ph+N	F	
Lampe d'éclairage ou de signalisation	E ou H		Disjoncteur magnéto-thermique bipolaire	Q	
Télérupteur	K		Minuterie	K	
Sonnerie	H		Ronfleur	H	
Transformateur Montage TBTP	T		Bouton Poussoir type « F »	S	
Bobine Relais (Contacteur auxiliaire)	KA		Bouton Poussoir type « 0 »	S	
Commutateur 2 positions	S		Commutateur 3 positions	S	

Pour les symboles, il est préférable de travailler sur une feuille quadrillée 5x5. En effet, il est alors possible de tracer très rapidement tous les symboles en appliquant la technique expliquée ci-dessous :



Pour un contact type « F », il faut prendre la diagonale d'un rectangle de un carreau par deux carreaux. Pour un contact type « 0 », il faut placer sa règle sur la diagonale d'un rectangle de un carreau par quatre carreaux et s'arrêter un peu plus loin que la moitié.

Une bobine sera un rectangle de un carreau par deux carreaux. Mêmes dimensions pour un fusible, avec le trait en plus à l'intérieur.

Une lampe aura un diamètre de deux carreaux, avec les intersections de traits à 90° tracés grâce aux diagonales du carré de deux carreaux de coté. Le transformateur sera construit sur la même base.

## II. Les circuits force motrice : partie commande

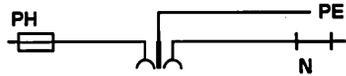
Désignation	Lettre	Symbole	Désignation	Lettre	Symbole
Bobine Contacteur	KM	KM.	Électrovanne	Y	
Bobine relais temporisé Travail	KA		Contact du relais temporisé Travail type « F » / « 0 »	KA	
Bobine relais temporisé Repos	KA		Contact du relais temporisé Repos type « F » / « 0 »	KA	
Bouton Poussoir Arrêt d'urgence type « 0 »	S		Bobine relais	KA	KA.
Bouton Poussoir type « F »	S		Commutateur 2 positions	S	
Bouton Poussoir type « 0 »	S		Commutateur 3 positions	S	
Relais thermique	F		Relais magnétique	F	
Relais magnéto-thermique	F		Contact OF d'un relais	KA	
Capteur de position (« F ») non actionné	S		Capteur de position (« F ») actionné	S	
Capteur de position (« 0 ») non actionné	S		Capteur de position (« 0 ») actionné	S	

### III. Les circuits force motrice : partie puissance

Désignation	Lettre	Symbole	Désignation	Lettre	Symbole
Sectionneur	Q		Sectionneur porte-fusibles	Q	
Porte-fusibles tripolaire	F		Disjoncteur moteur	Q	
Interrupteur sectionneur	Q		Contacteur	KM	
Relais magnétique	F		Relais thermique	F	
Disjoncteur	Q		Relais magnéto-thermique	F	
Disjoncteur thermique	Q		Disjoncteur magnétique	Q	

## I. Montage prise de courant

La norme C15-100, impose que toutes les prises soient du type 2P+T.

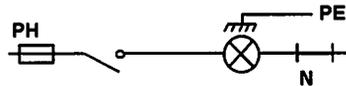


## II. Montage simple allumage

Quand l'interrupteur est fermé, la lampe s'allume.

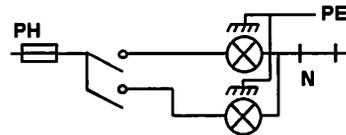
Le symbole associé au conducteur PE, (conducteur de protection) indique que si l'appareil d'éclairage dispose d'une partie métallique, (masse) il doit être raccordé à ce conducteur.

Tous les circuits lumière doivent comporter ce conducteur, même si l'appareil d'éclairage qui sera installé ne comporte par de borne (appareil classe II).



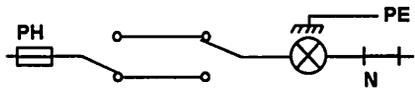
## III. Montage double allumage

C'est une extension du montage précédent, avec un appareil qui ne comporte que trois bornes de raccordement. Les points distribués peuvent être, ou non, pas dans un même lieu.



## IV. Montage va-et-vient

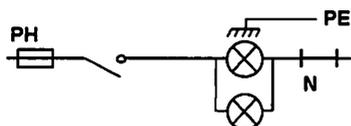
C'est l'équivalent de la fonction OU, exclusive en logique. À partir de la position « lampe éteinte », il ne faut actionner qu'un seul des deux interrupteurs.



## V. Signalisation : montage lampe témoin

Ce dispositif permet de connaître l'état du récepteur commandé.

### Montage parallèle

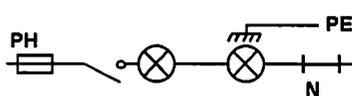


Si la lampe de signalisation est défectueuse, la fonction n'est pas assurée.

La puissance de la lampe de signalisation est généralement faible et indépendante du dispositif d'éclairage.

Le dispositif de signalisation ne comporte pas de conducteur PE, car il est généralement incorporé à l'interrupteur.

### Montage série



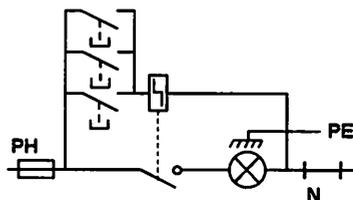
Si la lampe de signalisation devient défectueuse, le dispositif d'éclairage ne fonctionne pas.

La lampe de signalisation est fonction de la puissance du dispositif d'éclairage.

## VI. Montage télérupteur

Le télérupteur se comporte comme un interrupteur commandé à distance.

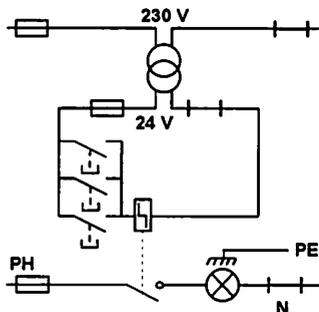
Ce montage permet de commander un récepteur de plus de deux endroits.



## VII. Montage télérupteur commande en TBT

Parfois (plus d'un point de vue industriel), la commande peut être assurée par l'intermédiaire d'une tension de sécurité (24 V AC).

Il est nécessaire d'avoir d'autres fusibles, car les calibres des protections sont différents.

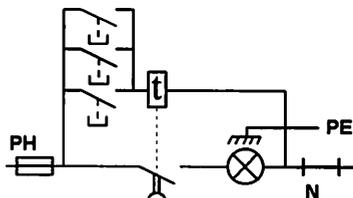


## VIII. Montage minuterie

Ce montage permet d'obtenir un arrêt automatique du récepteur, sans l'intervention d'une personne.

Vous pouvez aller vous reporter au chapitre suivant (§2.2), qui explique plus complètement cette fonction (d'un point de vue industriel).

La commande peut être aussi (comme le télérupteur) en TBT.



## I. Constitution

Un élément moteur

La bobine



Des contacts

OF



O + F



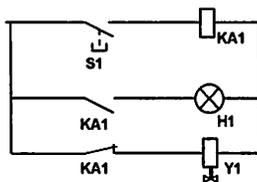
## II. Fonction 1

La première fonction du relais est de « multiplier » le contact qui permet d'alimenter la bobine.

Pourquoi ? Certains composants ne possèdent qu'un contact (O ou F), parfois deux contacts (généralement O + F). A l'aide du relais, il va être possible :

1. D'avoir plusieurs contacts (4 à 8 contacts).  
Ce sont des images du contact qui alimente la bobine.

Ci-contre, S1 permet de commander deux composants.



2. De pouvoir réaliser un montage « NON », en utilisant un contact complémentaire du contact qui alimente la bobine du relais.

C'est le cas ici avec le fonctionnement de Y1 par rapport à la bobine KA1 :

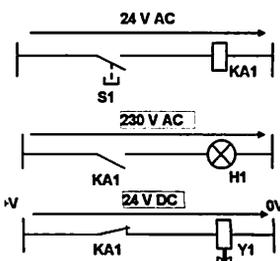
Quand la bobine n'est pas alimentée ( $S1 = 0$ ), Y1 est alimenté ( $Y1 = 1$ ) et réciproquement.

## III. Fonction 2

En assurant la fonction précédente, il peut ajouter une autre fonction.

Parfois, dans un même équipement, certains récepteurs fonctionnent sous des tensions différentes :

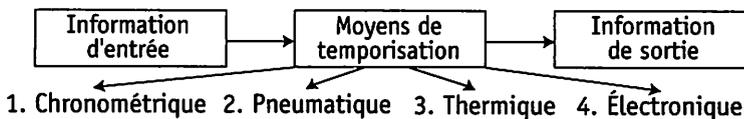
1. Soit les valeurs sont différentes : 24 V, 230 V.
2. Soit les types de tensions sont différents : AC (alternatif) ou DC (continu).



## I. Présentation

Dans la fiche 16, nous avons traité la minuterie. C'est déjà un fonctionnement qui met en jeu la fonction temporisation. D'une façon plus générale, la fonction temporisation permet à partir d'une information d'entrée, d'assurer la commande automatique d'un autre circuit et ceci en fonction d'un temps  $t$  défini à l'avance.

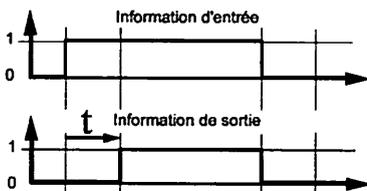
### I.1. Organisation d'une temporisation :



D'un point de vue industriel, les technologies pneumatique et électronique sont les plus couramment employées.

## II. Types de temporisation

### II.1. Temporisation « travail » ou temporisation à l'enclenchement



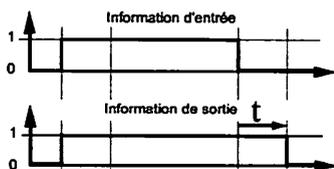
L'information de sortie n'apparaît qu'à partir du moment où l'entrée passe de 0  $\rightarrow$  1 et ceci après un temps  $t$ .

En revanche, dès que l'entrée passe de 1  $\rightarrow$  0, la sortie change immédiatement d'état.

Dans de nombreux cas, l'information de sortie actionne un contact qui sera du type 0 (ouverture) ou F (fermeture) en fonction de l'action attendue. Les contacts comporteront alors un symbole en plus, représenté ci-contre (en haut pour un contact en vertical, en bas pour un contact horizontal).



### II.2. Temporisation « repos » ou temporisation au déclenchement



L'information de sortie reste encore présente pendant un temps  $t$ , à partir du moment où l'entrée passe de 1 à 0. Mais dès que l'entrée passe de 0 à 1, la sortie change immédiatement d'état.

Dans de nombreux cas, l'information de sortie actionne un contact qui sera du type O (ouverture) ou F (fermeture) en fonction de l'action attendue. Les contacts comporteront alors un symbole en plus, représenté ci-contre (En haut pour un contact en vertical, en bas pour un contact horizontal).



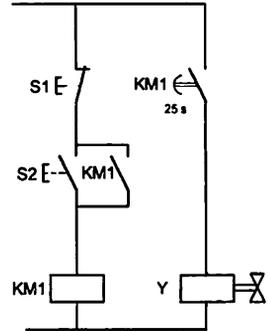
### III. Exemple

#### III.1. Utilisation d'une temporisation « travail »

Un mélangeur comporte un moteur et une électrovanne (apporte la partie liquide du mélange). L'opérateur doit procéder de la sorte :

1. Mettre la poudre « A ».
2. Appuyer sur S2 : le mélangeur tourne (il continue de fonctionner grâce à l'auto-maintien).
3. Introduire la poudre « B ».

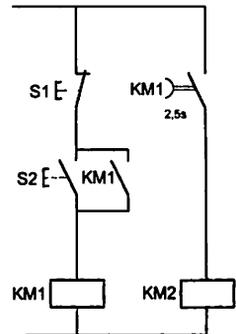
Après 25 s le produit liquide est introduit automatiquement (le contact temporisé « travail » se ferme, 25 s après l'enclenchement de la bobine KM1). Le dosage de ce produit est contrôlé par l'opérateur. Quand le mélange est considéré par l'opérateur comme convenable il arrête l'équipement en actionnant S1.



#### III.2. Utilisation d'une temporisation « repos »

Un moteur de concasseur (très forte puissance), travaille très souvent à pleine charge. Son échauffement est très important et un motoventilateur (ventilateur entraîné par un moteur de faible puissance) assure son refroidissement. Toutefois, lors de la commande d'arrêt du moteur du concasseur il est demandé de le refroidir encore pendant 2,5 s.

1. Action sur S2 : Alimentation de KM1 (mise en fonctionnement du moteur concasseur).
  - Auto-alimentation de KM1 et Alimentation de KM2 (motoventilateur).
2. Action sur S1 : Arrêt de KM1 :
  - KM2 reste alimenté par l'intermédiaire du contact KM1 temporisé, qui est encore fermé pendant 2,5 s.
  - 2,5 s après l'arrêt de KM1, KM2 n'est plus alimenté : Le contact est revenu dans sa position repos.



Le circuit de puissance comporte :

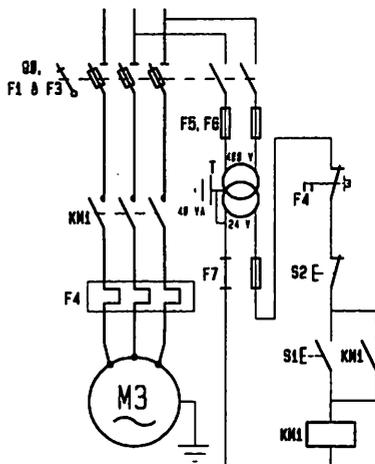
- Un sectionneur porte-fusibles (Q0, F1 à F3).

Les fusibles sont dans le sectionneur, car il n'y a qu'un seul récepteur dans cette installation.

- Un contacteur (KM1).
- Un relais thermique (F4).

Le schéma de commande est alimenté par un montage TBTP (obligatoire pour les machines automatisées).

Le schéma du circuit de commande, ci-contre, représente le montage le plus courant qui est :



## I. Priorité à l'Arrêt

En effet, si les deux boutons poussoirs S1 et S2 sont actionnés en même temps, la bobine KM1 ne peut pas être alimentée.

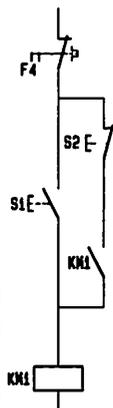
Par contre, le montage ci-contre représente le montage :

## II. Priorité à la Marche

En effet, si les deux boutons poussoirs S1 et S2 sont actionnés en même temps, la bobine KM1 est alimentée.

Hormis la priorité du montage, le fonctionnement est le suivant :

- Action sur S1 → Alimentation de la bobine KM 1.
- Le contact KM se ferme et assure alors l'auto-alimentation de la bobine KM1. Ce contact mémorise l'action de mise en fonctionnement donné par S1.
- Au relâchement de S1, la bobine est toujours alimentée grâce au contact KM1.
- Pour arrêter, il faut actionner le bouton poussoir S2, qui assure alors la coupure du circuit de la bobine KM1. Le contact KM1 revient au repos.



## I. Objectif

Permettre un fonctionnement d'un récepteur uniquement pendant l'appui sur le bouton poussoir « Marche ».

Il peut être associé à plusieurs sortes de montage.

## II. Application sur le montage un sens de marche

### II.1. Solution 1

Il est utilisé un commutateur (S3), qui va assurer la sélection du mode de marche :

Marche normal : Position 0

- S2 = 1 → Bobine KA1 = 1

- → Fermeture du contact KA1 → Auto-alimentation de la bobine KA1.

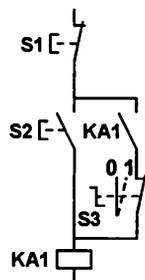
- S1 = 1 → Arrêt de l'installation.

Marche par à-coups : Position 1

- Le contact de S3 est ouvert et interrompt la ligne d'auto-alimentation.

- Si S2 = 1 → bobine KA1 alimentée.

- Si S2 = 0 → Arrêt de l'installation.



### II.2. Solution 2

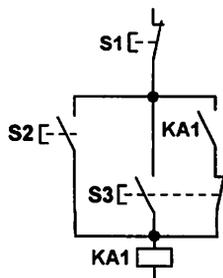
Il est mis en œuvre un bouton poussoir (S3), qui va assurer à lui seul la fonction demandée.

Ce bouton poussoir comporte deux contacts, qui sont actionnés par le même organe mécanique (la tête du bouton poussoir).

- Un contact type « 0 », en série avec le contact d'auto-alimentation.

Quand S3 sera actionné, le contact de S3 va interrompre la fonction auto-alimentation que le contact KA1 assure.

- Un contact type « F », en parallèle avec le bouton poussoir S2. Ce contact assure donc la même fonction → Alimentation de la bobine KA1.



## I. Circuit de puissance

### I.1. Principe

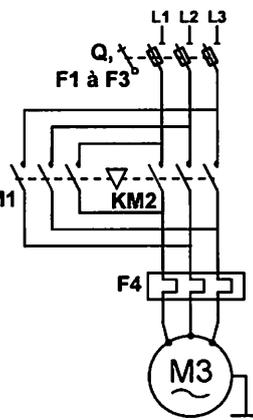
Pour inverser le sens de rotation d'un moteur asynchrone, il faut inverser deux phases entre elles.

### I.2. Explication du schéma

Dans le schéma ci-contre, l'inversion a lieu **KM1** entre les phases **L2** et **L3**.

Le triangle entre les deux contacteurs a pour fonction d'interdire mécaniquement que les deux contacteurs soit enclenchés en même temps.

On parle de verrouillage mécanique.



## II. Circuit de commande

### II.1. Information

Quand un contacteur est au repos et que l'on alimente sa bobine, celle-ci demande une intensité plus importante que quand le contacteur est enclenché (le rapport est d'environ 10).

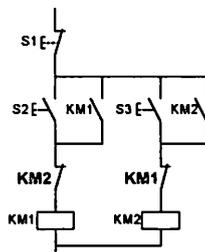
### II.2. Explication du schéma

Chaque contacteur a un schéma qui ressemble au montage « un sens de marche ».

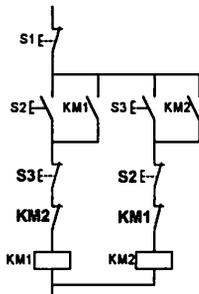
Mais comme il y a un verrouillage mécanique, il est absolument nécessaire d'ajouter une sécurité électrique, que l'on nomme **verrouillage électrique**.

C'est le rôle des contacts type « 0 », **KM1** et **KM2**.

Une fois qu'un sens est enclenché, pour passer à l'autre sens, il est nécessaire de passer par une action sur l'action de **S1**.



La priorité du montage est : priorité à l'arrêt, pour une question de sécurité.



Le montage ci-contre, permet de passer d'un sens à l'autre sans actionner le bouton « Arrêt » (S1).

Dans chaque branche, un contact type « 0 » à été ajouté :

- S2 sur la ligne de KM2 ;
- S3 sur la ligne de KM1.

Ces deux contacts permettent de couper le contacteur en fonctionnement. Une fois que le contact de verrouillage électrique est revenu

au repos, l'autre contacteur peut s'enclencher à son tour.

**ATTENTION** : il faut que le moteur et la mécanique de l'équipement puissent supporter ce changement très brutal.

## I. Objectifs

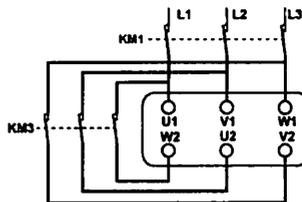
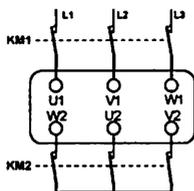
Réduire de 1/3 la pointe d'intensité au démarrage du moteur.

## II. Circuit de puissance

### II.1. Principe

Le démarrage se fait en deux temps :

1. Coupler le moteur en étoile (KM2) et alimenter les enroulements (KM1).
2. Passer du couplage étoile au couplage triangle et alimenter les roulements.



*Information* : le couplage final étant triangle, il faut que la tension la plus petite indiquée sur la plaque signalétique soit égale à la tension entre phases de l'alimentation.

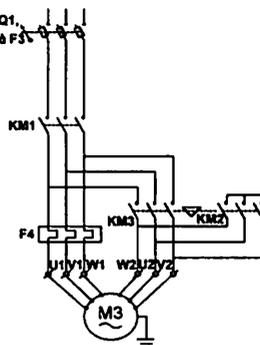
→ Pour une alimentation classique 230/400 V, les caractéristiques tensions du moteur doivent être : 400/690 V.

### II.2. Explication du schéma

**Remarque** : un schéma de puissance dont le moteur n'est pas identifié est toujours incorrect, car le couplage triangle n'est pas vérifiable.

Le verrouillage mécanique est nécessaire, sinon un court-circuit franc aurait lieu entre deux phases.

Le relais thermique aurait pu être placé juste en dessous de KM1. Dans ce cas le courant de réglage ne serait pas le même : il serait  $\sqrt{3}$  plus grand (intensité en ligne au lieu de l'intensité dans un enroulement).

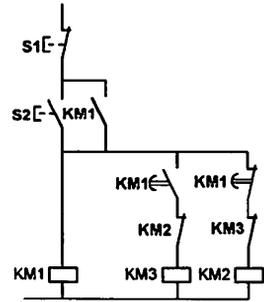


### III. Circuit de commande :

Le circuit peut se décomposer en trois parties :

1. KM1, montage marche/arrêt avec priorité à l'arrêt.
2. KM2, qui est alimenté dès que KM = 1, puis qui se trouvera interrompu au bout d'un temps  $t$  par le contact temporisé de KM1.
3. KM3, qui ne sera alimenté qu'après un temps  $t$  (contact temporisé type « F » de KM1).

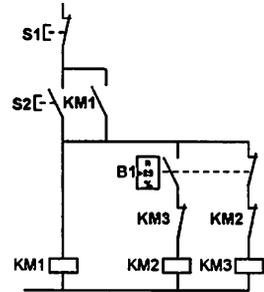
Comme dans le circuit de puissance, il y a un verrouillage mécanique entre KM2 et KM3, il est obligatoire de retrouver le verrouillage électrique entre ces deux contacteurs.



Parfois, un moteur n'a pas la même charge. Mettre une information temps pour passer d'étoile à triangle n'est pas la meilleure solution.

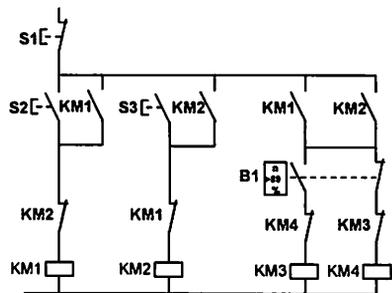
Il est préférable d'utiliser un capteur de fréquence de rotation dont le seuil de déclenchement sera environ de 80 % de la fréquence nominale du moteur.

Le schéma ci-contre représente cette solution.



**Remarque :** il est possible d'associer maintenant le montage deux sens de marche au montage démarrage étoile triangle.

Il est conseillé d'utiliser alors un relais temporisé (pour avoir le même temps pour chaque sens) ou mieux un capteur de fréquence de rotation. Ci-contre, le schéma du circuit de commande.



Pour la partie puissance, il faut remplacer KM1 par un inverseur constitué de KM1 et KM2.

**Remarque :** la comparaison des différents démarrages, incluant ce démarrage se trouve à la fiche 25, § 3.

## I. Objectifs

Obtenir deux fréquences de rotation d'un moteur asynchrone triphasé par un moyen électrique.

### I.1. Rappel d'électrotechnique

La relation qui permet de déterminer la fréquence du champ tournant créé par les enroulements du stator est :

$n = \frac{f}{p}$	$n$	$f$	$p$
	Fréquence du champ tournant en tr/s ( $s^{-1}$ )	Fréquence de la tension d'alimentation du moteur en Hz	Nombre de paire de pôles magnétiques

Le moyen utilisé ici est de modifier le nombre de paire de pôles. Dans un même circuit magnétique, il est installé deux moteurs électriquement indépendants.

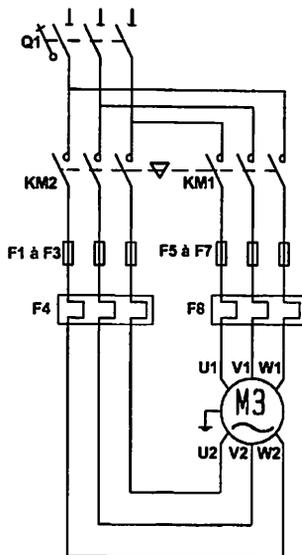
### I.2. Caractéristiques principales

Le rapport de fréquence du champ tournant est généralement différent de 2. Les puissances du moteur sont généralement différentes pour chacune des « vitesses ».

## II. Schéma de puissance

- Les repères avec le chiffre 1 ( $U_1, V_1, W_1$ ), correspondent au premier « moteur » et désignent toujours la petite « vitesse ».
- Les repères avec le chiffre 2 ( $U_2, V_2, W_2$ ), correspondent au deuxième « moteur » et désignent toujours la grande « vitesse ».
- Pour la grande majorité des moteurs, pour chacune des « vitesses », ils ne fonctionnent que sur une seule tension. Le moteur n'est donc pas à coupler.
- Précautions : si le moteur doit avoir le même sens de rotation pour les deux « vitesses », il est nécessaire de respecter le même ordre de phases.
- Il n'y a pas de fusibles dans le sectionneur : comme très souvent  $In$  est différent pour chaque fréquence de rotation, il est nécessaire d'avoir deux relais thermiques.

Ils auront des réglages différents et il faudra choisir, dans la plupart des cas, des calibres différents.



### III. Schéma de commande

C'est le même que pour un deux sens de marche (voir fiche 21, § 2.2).

## I. Objectifs

Obtenir deux fréquences de rotation d'un moteur asynchrone triphasé par un moyen électrique.

La première différence avec le moteur précédent (fiche 23), c'est le rapport des fréquences du champ tournant qui est toujours 2.

L'autre différence fondamentale, c'est qu'il n'y a qu'un seul bobinage. Comme pour le précédent moteur, il n'y a pas de couplage à faire et il ne fonctionne que sur une seule tension.

## II. Schéma de puissance

→ Pour obtenir la petite « vitesse » :

➤ Alimenter le moteur en U1, V1, W1.

Ici, KM1 assure cette fonction.

→ Pour obtenir la grande « vitesse » :

➤ Relier les bornes U1, V1, W1 entre elles (point étoile GV).

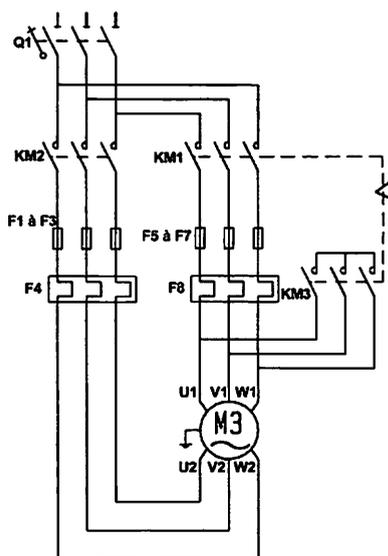
Ici, KM3 assure cette fonction.

➤ Alimenter les bornes U2, V2, W2.

Ici KM2, assure cette fonction.

→ Comme pour le moteur précédent, pour obtenir le même sens de rotation pour chacune des « vitesses », il faut respecter le même ordre de phases.

→ Si les puissances sont différentes pour chacune des « vitesses », il faut comme sur le schéma mettre en œuvre deux relais thermiques associés à deux groupes de trois fusibles.



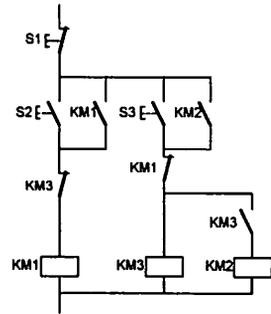
→ Le verrouillage mécanique est nécessaire, sous peine de risquer de provoquer un court-circuit franc entre les trois phases (destruction du relais thermique !)

### III. Schéma de commande

→ Pour la petite « vitesse », le montage s'apparente au montage précédent.

→ Pour la grande « vitesse » :

- L'action sur S3 va tout d'abord enclencher le point étoile GV (KM3).
- Quand KM3 sera réalisé alors il permettra d'alimenter les enroulements du moteur (KM2).
- Quand KM2 = 1, la séquence est terminée et il assure alors l'auto-immunisation de l'ensemble.



→ Le verrouillage électrique est assuré dès la première séquence.

**Remarque :** il est possible, sur chacun des montages vus, d'ajouter la fonction « deux sens de marche ».

Il faut alors relire les différents chapitres et associer les fonctions élémentaires réalisées.

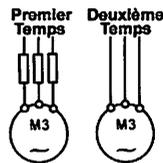
Il est toujours préférable de commencer par le montage deux sens de marche et d'ajouter ensuite la fonction supplémentaire (tant du point de vue puissance, que du point de vue commande).

## I. Démarrage par élimination de résistances statoriques

Le stator est sous-alimenté au premier temps du démarrage par 3 résistances. Le courant en ligne est réduit proportionnellement à la tension appliquée au moteur, mais le couple se trouve réduit comme le carré de celle-ci.

La tension appliquée au stator pendant le premier temps varie au cours du démarrage, permettant une augmentation du couple. La caractéristique de couple se trouve alors meilleure que pour un démarrage YD.

Les résistances doivent pouvoir être refroidies assez facilement, sinon prévoir une protection appropriée (sonde de température). De plus il y a consommation d'énergie active pendant le premier temps (baisse du rendement de l'équipement).



### I.1. Schéma du circuit de puissance

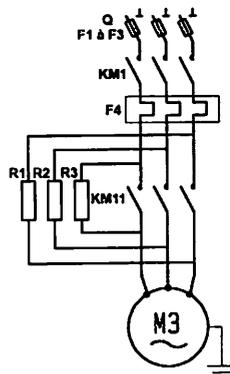
- Premier temps :

Fermeture de KM1 : le moteur est en série avec les résistances R1, R2, R3. Il est donc sous-alimenté.

- Deuxième temps :

Le contacteur KM11 se ferme.

Les résistances sont shuntées (on dit encore court-circuitées). Le moteur est alimenté sous sa tension nominale.

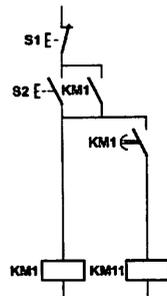


### I.2. Schéma du circuit de commande

1. L'action sur le bouton poussoir S2 provoque l'alimentation de la bobine KM1.
2. Auto-alimentation de KM1.
3. Après un temps  $t$ , le contact temporisé à l'enclenchement KM1, se ferme.

Alimentation de KM11.

Le contact KM1 temporisé, peut être remplacé par un contact d'un capteur de fréquence de rotation.



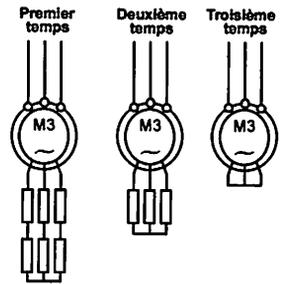
## II. Démarrage par élimination de résistances rotoriques

Ce type de démarrage est uniquement utilisé pour les moteurs asynchrones triphasés à rotor bobiné (appelé aussi rotor à bagues).

Ce moteur ne peut en aucun cas démarrer directement à cause de la pointe d'intensité au démarrage (risque de destruction des enroulements rotoriques).

Ce démarrage est très souple, mais le type de moteur employé nécessite obligatoirement une maintenance préventive systématique.

Le démarrage s'effectue en trois temps. Dans le cas de machines plus puissantes, il est possible de faire un démarrage en 5 temps.



### II.1. Schéma du circuit de puissance

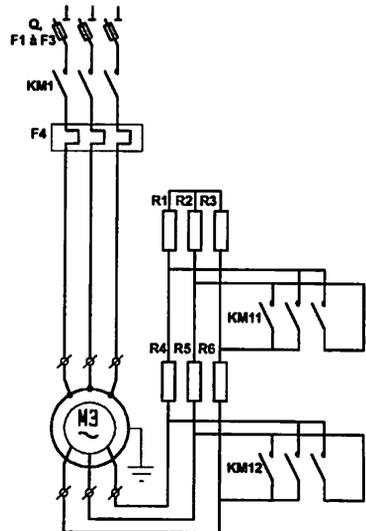
Le démarrage s'effectue de la façon suivante :

1. Fermeture du contacteur de ligne (KM1).
2. Élimination du 1<sup>er</sup> groupe de résistances (KM11).
3. Élimination du 2<sup>e</sup> groupe de résistances (KM12).

La valeur de la résistance insérée dans le circuit rotorique permet de définir avec précision les courbes couple-courant en fonction de la vitesse. (Ces caractéristiques sont les meilleures de tous les démarrages).

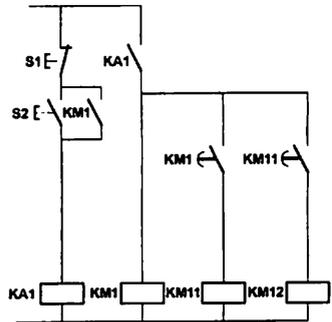
Les résistances doivent pouvoir être refroidies assez facilement, sinon prévoir une protection appropriée (sonde de température). De plus il y a consommation d'énergie active pendant les deux premiers temps (baisse du rendement de l'équipement).

Le coût du démarrage (équipement, moteur), les équipements d'électronique de puissance (démarrateur, variateur de fréquence) font que son emploi sera très réservé.



## II.2. Schéma du circuit de commande

1. L'action sur le bouton poussoir S2, provoque l'alimentation de la bobine KA1.
2. Alimentation de KM1, auto-alimentation de KA1.
3. Après un temps t, le contact temporisé à l'enclenchement KM1, se ferme : alimentation de KM11.
4. Après un temps t, le contact temporisé à l'enclenchement KM11, se ferme : alimentation de KM12.



## III. Comparaison des différents modes de démarrage

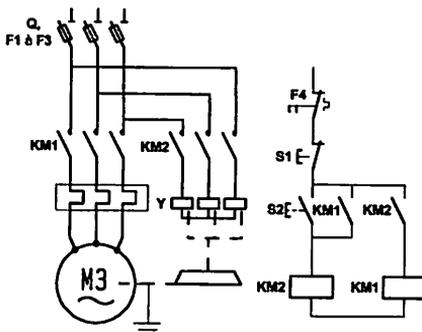
	Moteurs à cage			Moteurs à bagues
	Démarrage direct	Démarrage YD	Démarrage statorique	Démarrage rotorique
Courant initial au démarrage	4 à 8 In	1,3 à 2,6 In	4,5 In	< 2,5 In
Couple initial au démarrage	0,6 à 1,5 Tn	0,2 à 0,5 Tn	0,6 à 0,85 Tn	< 2,5 Tn
Avantages	Moteurs à cage économique et robuste			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Très bon rapport couple/courant.</li> <li>• Possibilité de réglage des valeurs au démarrage.</li> <li>• Pas de coupure d'alimentation pendant le démarrage.</li> <li>• Forte réduction des points de courant transitoires.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Démarreur simple.</li> <li>• Couple au démarrage important.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Démarreur relativement peu onéreux.</li> <li>• &gt; Bon rapport couple/courant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilité de réglage des valeurs au démarrage.</li> <li>• Pas de coupure d'alimentation pendant le démarrage.</li> <li>• Forte réduction des points de courant transitoires.</li> </ul>	
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pointe de courant très importante.</li> <li>• S'assurer que le réseau admet cette pointe.</li> <li>• Ne permet pas un démarrage doux et progressif.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Couple au démarrage faible.</li> <li>• Pas de possibilité de réglage.</li> <li>• Coupure d'alimentation au changement de Y vers D.</li> <li>• Moteur en triangle pour Un.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faible réduction de la pointe d'intensité de démarrage.</li> <li>• Nécessité des résistances.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moteur à bagues plus onéreux.</li> <li>• Nécessité de résistances.</li> </ul>
Durée du démarrage	• 2 à 3 s	• 3 à 7 s	• 7 à 12 s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 temps : 25 s</li> <li>• 5 temps : 5 s</li> </ul>
Applications typiques	• Petites machines même démarrant à pleine charge.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Machines démarrant à vide.</li> <li>• Ventilateurs et pompes centrifuges de petite puissance.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Machine à forte inertie sans problèmes particuliers de couple et de courant au démarrage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Machines à démarrage en charge ou à démarrage progressif.</li> </ul>

## I. Freinage par manque de courant

C'est le seul dispositif qui permet d'immobiliser l'arbre moteur quand il n'y a plus de tension.

D'un point de vue du circuit de commande, il est nécessaire :

1. D'alimenter les électro-aimants Y, qui vont provoquer le déblocage de l'arbre moteur.
2. D'alimenter les enroulements du moteur.



Il existe des moteurs freins autonomes. Au moment où le moteur est alimenté, le frein est débloqué. Le schéma est alors le même que celui du montage « un sens de marche ».

Ce freinage est aussi appelé « freinage par manque de tension ».

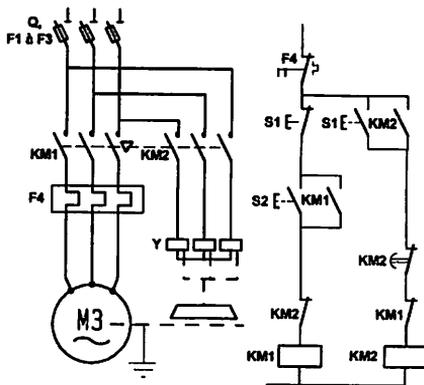
## II. Freinage par émission de courant

Au repos l'arbre moteur est libre. Pour effectuer un freinage, il est nécessaire d'alimenter les électro-aimants Y.

Il est donc nécessaire, d'un point de vue fonctionnel, d'interdire le fonctionnement simultané des deux contacteurs (présence du verrouillage mécanique et du verrouillage électrique).

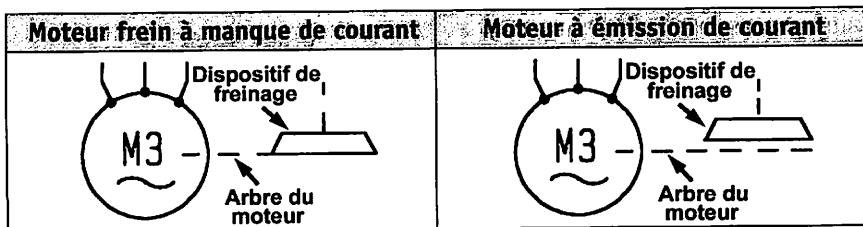
Le temps de freinage est fonction du réglage du temps du contact temporisé KM2.

Ce freinage est aussi appelé « freinage par émission de tension ».



### Remarque :

Il faut bien faire la différence dans la symbolique des deux moteurs afin de ne pas dessiner un schéma incorrect. Ci-dessous, voici les symboles des deux moteurs. Identifiez bien leur différence.



## III. Freinage par contre courant

Le principe est de « tenter » d'inverser le sens de rotation du moteur, mais il faudra arrêter le freinage avant que le moteur ne s'inverse !

### III.1. Cas d'un moteur à rotor à cage

Au moment où le moteur va recevoir l'ordre « d'inversion », il va absorber un courant très important (plus élevé qu'au moment du démarrage).

Il est alors nécessaire de limiter ce courant, en insérant des résistances dans le circuit.

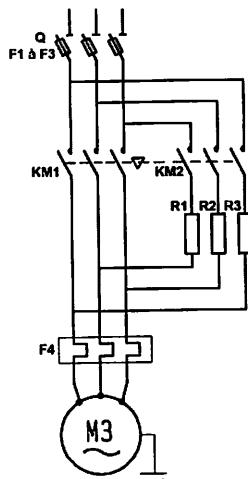
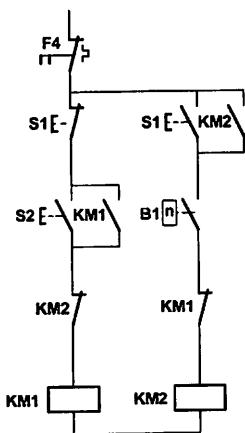
Le verrouillage mécanique est nécessaire (risque de détruire deux résistances).

Le schéma de commande :  
→ B1 est un capteur de fréquence de rotation dont le réglage est proche de 0 tr/min.

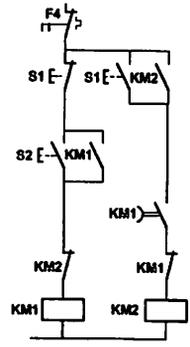
→ Le freinage ne peut avoir lieu que si le moteur était en rotation précédemment.

→ Le freinage sera arrêté à partir du moment où la fréquence de rotation sera proche de 0 tr/min (seuil de réglage du capteur).

**Remarque :** il est possible d'ajouter un arrêt sans freinage : il faut mettre en série avec F4 un autre bouton poussoir type « 0 ».



Sur le schéma ci-dessus, il a été employé un capteur de fréquence de rotation. Il est aussi possible d'utiliser un contact temporisé. Mais le fonctionnement ne sera correct (pas d'inversion du sens de « marche »), que si la charge du moteur est toujours la même.  
voir exemple ci-contre.



### III.2. Cas d'un moteur à bagues

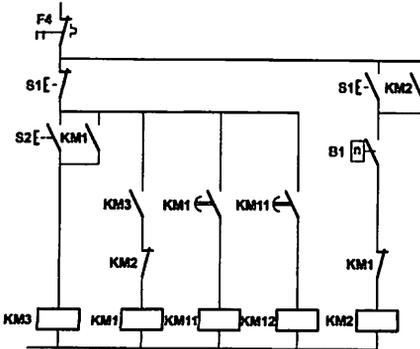
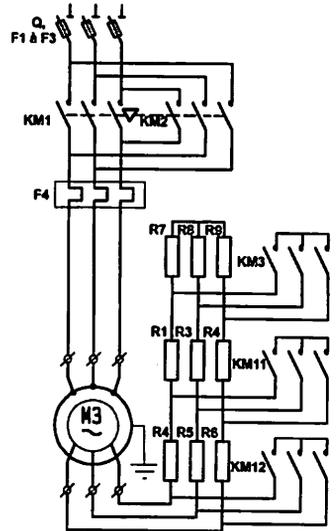
Le principe est le même. Mais cette fois la limitation du courant sera réalisée en ajoutant une autre série de résistances du côté rotor (R7 à R9).

Ces trois résistances devront être shuntées pendant la séquence de démarrage.

Vous avez une autre possibilité pour effectuer le point étoile qui va éliminer les résistances (vous pouvez regarder le schéma à la fiche 25, § 2.1).

Cette solution est bien plus simple, mais le schéma de la fiche 25, § 2.1 est techniquement meilleur.

En effet, si l'un des trois contacts est totalement détérioré, le point étoile est encore réalisé, alors que dans le schéma ci-contre, ce n'est pas le cas.



Le schéma de commande :

- > 1<sup>er</sup> temps ;
- Action sur S2 → KM3 = 1 ;
- KM1 = 1.
- Auto-alimentation de KM3.
- > 2<sup>e</sup> temps ;
- KM1 temporisé se ferme ;
- KM11 = 1.
- > 3<sup>e</sup> temps ;
- KM11 temporisé se ferme ;
- KM12 = 1.

- Arrêt avec freinage : arrêt de KM3, KM1, KM11, KM12.
- Enclenchement de KM2 (avec auto-alimentation).
- Arrêt du freinage par le passage de B1 au repos.

*Rappel* : le seuil de réglage du capteur de fréquence de rotation B1 doit être proche de 0 tr/min.

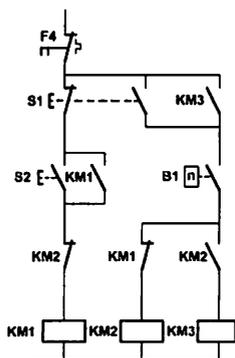
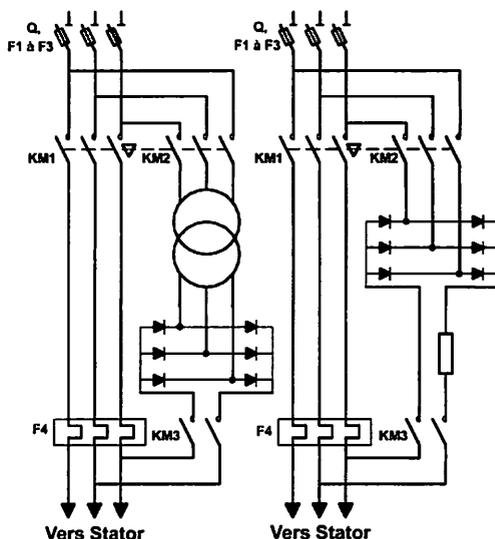
## IV. Freinage par injection de courant continu

Une partie métallique en mouvement, soumise à un champ magnétique fixe, se trouve ralentie.

La force de ralentissement dépend principalement de l'intensité du champ magnétique et de la vitesse de déplacement de la pièce métallique.

Ce principe peut être appliqué à un moteur à rotor en court-circuit comme à un moteur à rotor bobiné.

La valeur de la tension continue doit être bien plus faible que la tension alternative (R des enroulements très inférieure à Z) : elle est d'environ 24 V.



Il est alors nécessaire d'abaisser la tension aux bornes des enroulements, soit par un transformateur (triphase ou monophasé), soit par une résistance.

Le raccordement de la partie « continue » se fait après le relais thermique : sa fonction différentielle déclencherait systématiquement pendant la phase de freinage. En effet, le moteur n'est alimenté que sur deux fils. Le circuit est obligatoirement déséquilibré.

Le schéma de commande correspond à un moteur à cage.

*Rappel* : le seuil de réglage du capteur de fréquence de rotation B1 doit être proche de 0 tr/min.

## I. C'est quoi ?

Dans les fiches précédentes, nous avons vu et appris des schémas de commande parfois très compliqués : c'est de la logique câblée.

L'automate programmable va réaliser les mêmes fonctions, mais il faudra écrire un programme : c'est de la logique programmée.

L'automate va :

- En fonction d'un programme qui va gérer des entrées (capteurs, organes de commandes, etc.).
- Commander des sorties (qui permettront d'alimenter des préactionneurs, des organes de signalisation).

## II. Avantages et inconvénients

Les évolutions, les modifications sont possibles rapidement.

Le câblage est plus simple.

Cela nécessite une connaissance en programmation, pour produire des réalisations optimisées.

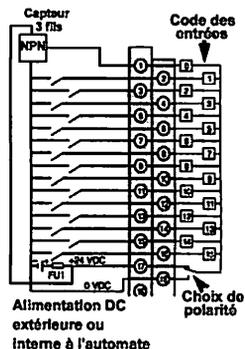
## III. Câblage

### III.1. Des entrées

L'automate dispose généralement d'une tension d'alimentation pour ses entrées. De même il y a un commun à toutes les entrées.

Il est possible de lui câbler des contacts classiques, mais aussi des capteurs électroniques deux ou trois fils.

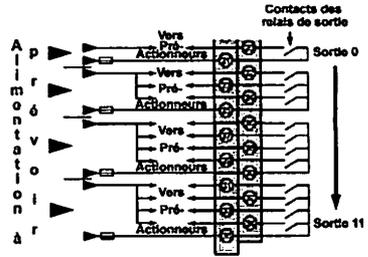
Ci-contre, la présentation d'un tel câblage sur un automate de la marque Schneider (TSX 37).



### III.2. Des sorties

De plus en plus, la ou les premières sorties sont réservées pour assurer des fonctions de sécurité.

Les autres sorties comportent un commun pour 3 ou 4 sorties. Cela permet d'alimenter des préactionneurs de tension différentes, sans pour autant effectuer un relaiage (voir fiche 17 § 3). Les sorties de l'automate peuvent être sous forme d'un contact ou sous forme statique (ces dernières devront être relayées).



#### IV. La sécurité câblée

Nous avons appris que dans certains montages, il devait y avoir un verrouillage mécanique entre deux contacteurs (c'est, par exemple, le cas d'un montage deux sens de marche).

Il a été aussi indiqué que dans ce cas il était nécessaire de prévoir un verrouillage électrique.

Ce type de sécurité sera toujours présent dans une logique programmée.

Analyse du schéma ci-contre :

1. **Zone A** : si un défaut moteur apparaît, dans une majorité d'équipement, l'installation doit être arrêtée.

Ce sont des contacts type « 0 » placés en série : relais thermique, disjoncteur moteur.

2. **Zone B** : ce peut être un bouton poussoir, un contact de sécurité. Même principe que *Zone A*.

3. **Relais KAPO** : il a pour fonction de permettre l'alimentation des communs des contacts de sortie de l'automate (repère C). Si ce relais n'est pas à 1, aucun préactionneur ne peut être alimenté.

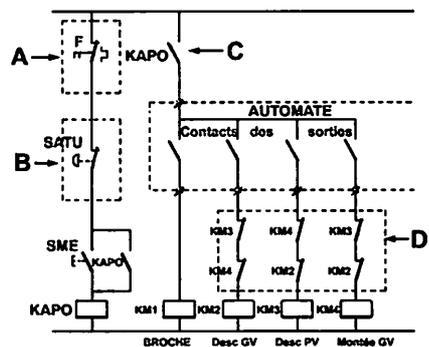
Si un élément de la *Zone A* ou un élément de la *Zone B* provoque la mise à 0 de KAPO, l'équipement s'arrête.

De plus, si l'énergie électrique vient à disparaître, il faut une action volontaire de l'opérateur pour que son équipement fonctionne de nouveau (sécurité imposée pour les machines de production).

4. **Zone D** : ce sont les verrouillages électriques nécessaires au bon fonctionnement de l'équipement d'un point de vue sécurité.

Exemple :

- La montée GV ne pourra se faire que si la descente GV (KM2) et si la descente PV (KM3) sont à l'état repos.



I. Principales fonctions logiques

I.1. Fonctions de base

Nom	Schema à contacts	Table de vérité	Equation	Logigramme															
OUI		<table border="1"> <tr><td>a</td><td>S</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	a	S	0	0	1	1	$S = a$										
a	S																		
0	0																		
1	1																		
NON		<table border="1"> <tr><td>a</td><td>S</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	a	S	0	1	1	0	$S = \bar{a}$										
a	S																		
0	1																		
1	0																		
OU		<table border="1"> <tr><td>a</td><td>b</td><td>S</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	a	b	S	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	$S = a + b$	
a	b	S																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	1																	
ET		<table border="1"> <tr><td>a</td><td>b</td><td>S</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	a	b	S	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	$S = a \cdot b$ $S = a \times b$	
a	b	S																	
0	0	0																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	1																	

I.2. Fonctions complémentaires

NON-OU-NON		<table border="1"> <tr><td>a</td><td>b</td><td>S</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	a	b	S	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	$S = \overline{a \cdot b}$	
a	b	S																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	1																	
ET-NON		<table border="1"> <tr><td>a</td><td>b</td><td>S</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	a	b	S	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	$S = \overline{a + b}$	
a	b	S																	
0	0	0																	
0	1	0																	
1	0	1																	
1	1	1																	

Remarque : l'écriture a est parfois notée sous cette forme : /a.

## II. Équation logique

C'est l'écriture logique du fonctionnement. Il faut utiliser les quatre fonctions de base (§ 1-1).

### II.1. À partir d'un texte

La description qui est faite permet normalement d'écrire l'équation.

*Exemple:* la barrière d'un parking ne pourra s'ouvrir (KM1) que si une voiture est présente (S10) et si le ticket d'entrée n'est plus dans l'appareil (S7). Les mots importants sont soulignés.

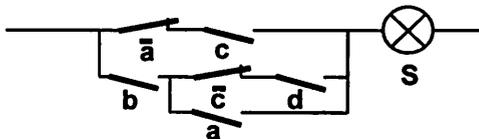
L'équation du contacteur qui provoque l'ouverture de la barrière est:

$$KM = S10 \cdot /S7.$$

### II.2. À partir d'un schéma électrique

Il faut traduire les montages séries en fonction ET ( $\cdot$  ou  $x$ ) et les montages parallèles en fonction OU ( $+$ ).

*Exemple:* soit le schéma suivant.



En regardant le schéma, il est possible de reconnaître que la fonction principale est une fonction OU  $\rightarrow A + B$

> branche A est:  $\bar{a} \cdot c$ .

> branche B est complexe mais ressemble à une fonction:

ET  $\rightarrow C \cdot D$ .

$\rightarrow$  branche C est: b.

$\rightarrow$  branche D est complexe mais ressemble à un OU  $\rightarrow E + F$ .

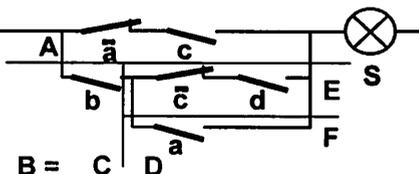
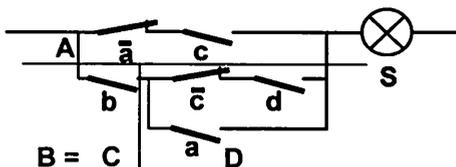
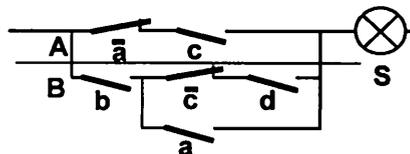
> branche E est  $\bar{c} \cdot d$ .

> branche F est: a.

L'équation pourrait alors être écrite de la façon suivante:

>  $S = A + B \rightarrow S = A + C \cdot D \rightarrow S = A + C \cdot (E + F)$ ;

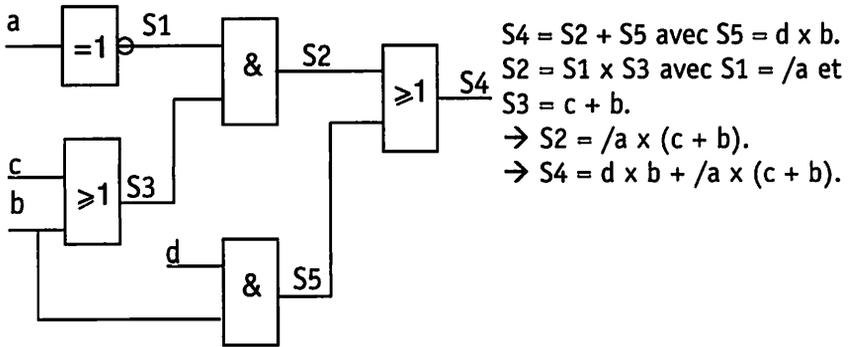
donc  $S = \bar{a} \cdot c + b \cdot (\bar{c} \cdot d + a)$ .



### II.3. À partir d'un logigramme

Il est nécessaire de partir de la dernière fonction (généralement placée à droite du dessin) et d'écrire le résultat de chaque fonction logique du côté des entrées.

Exemple : soit le logigramme suivant.



### II.4. Théorème de De Morgan

Le complément d'une fonction s'obtient de la façon suivante :

- Les fonctions OUI sont transformées en fonctions NON et réciproquement.
- Les fonctions ET sont transformées en fonctions OU et réciproquement.

Exemple : dans une machine automatisée, il y a plusieurs éléments qui permettent d'arrêter le processus. C'est, par exemple, l'action sur le bouton poussoir ARRÊT (S0), ou lorsque le relais thermique du moteur 1 se déclenche (F4), ou lorsque le capot de protection est soulevé (S10).

Cette phrase est correcte. Elle correspond au **non fonctionnement de KM**.

$$\rightarrow \overline{KM} = S0 + F4 + S10.$$

Mais pour déterminer l'équation du contacteur KM qui aurait ces conditions d'arrêt, il faut connaître son fonctionnement  $\rightarrow KM$ .

Or 
$$\overline{\overline{(KM)}} = KM \rightarrow KM = \overline{(S0 + F4 + S10)}.$$

$$\rightarrow KM = \overline{S0} \times \overline{F4} \times \overline{S10}.$$

C'est une équation connue.

Les conditions d'arrêt sont des contacts type « 0 » (ouverture) montés en série.

### III. Construire un logigramme

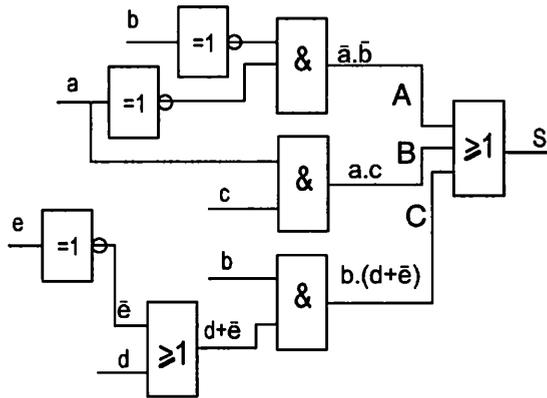
À partir d'une équation, il faut construire un logigramme. Pour ce faire il faut commencer par la fin et reconnaître dans l'équation la fonction principale.

Soit l'équation suivante:  $S = \bar{a} \cdot \bar{b} + a \cdot c + b \cdot (d + \bar{e})$

Cette équation pourrait s'écrire:

$$S = A + B + C; \quad \text{Avec} \quad \begin{aligned} A &= \bar{a} \cdot \bar{b}; \\ B &= a \cdot c \\ C &= b \cdot (d + \bar{e}). \end{aligned}$$

La dernière fonction logique est donc une fonction OU à trois entrées. Pour C, il faut faire le même raisonnement.



### I. Principe

C'est un mode de représentation graphique qui permet de décrire le fonctionnement d'un système automatisé.

### II. Symboles de base

Étape initiale		
Étape		Une action est généralement associée à une étape.
Transition		← Une réceptivité est toujours associée à une transition.

### III. Représentations

Afin de bien comprendre les différentes représentations, l'exemple employé sera toujours le même.

#### III.1. GRAFCET du point de vue système

Il est aussi appelé GRAFCET des spécifications fonctionnelles.

Il décrit par des mots (forme littérale) ce que va faire la « machine » et tout ce qui sera contrôlé.

Certaines expressions peuvent rester vagues telles que « Conditions initiales », ou être globales (*par ex*: PERCER le trou). Elles seront mieux définies par la suite.

L'action est toujours écrite avec un verbe à l'infinitif : c'est un ordre qui est donné à la machine.

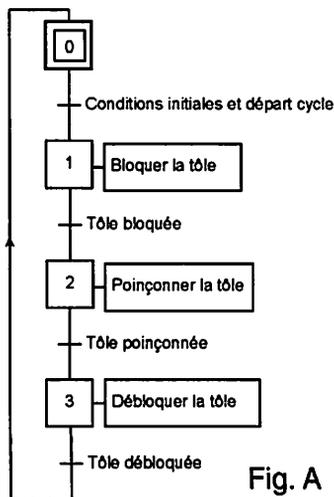


Fig. A

### III.2. GRAFCET du point de vue partie opérative

Il décrit le fonctionnement du point de vue des actionneurs, des capteurs. Sa forme est littérale.

Ce qui est décrit serait visible sur la partie opérative, une fois les différents composants identifiés.

Il se peut que le nombre d'étapes soit différent de celui du GRAFCET précédent.

En effet, l'action « POINÇONNER la tôle » est effectuée par deux mouvements :

- Sortir le vérin.
- Rentrer le vérin.

Les actions sont toujours écrites avec un verbe d'action.

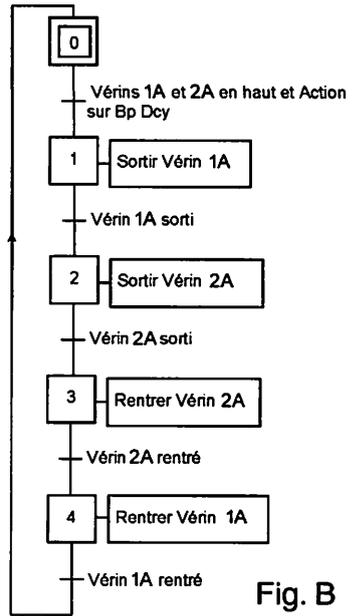


Fig. B

### III.3. GRAFCET du point de vue partie commande

Il est aussi appelé GRAFCET des spécifications technologiques.

Les informations sont codées en utilisant le code technologique des préactionneurs, des capteurs, des organes de commande.

Cela nécessite impérativement un tableau de codage des différents composants comme celui-ci :

Vérin 1A rentré	S1
Vérin 1A sorti	S2
Vérin 1A rentré	S3
Vérin 2A sorti	S4
Bouton poussoir Dcy	S5
Sortir vérin 1A	YA1+
Rentrer vérin 1A	YA1-
Sortir vérin 2A	YA2+
Rentrer vérin 2A	YA2-

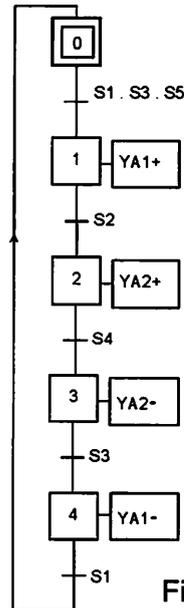


Fig. C

### III.4. GRAFCET du point de vue automate

Il est utilisé pour permettre de programmer.

Cela nécessite impérativement un tableau de codage des différentes entrées-sorties pour gérer les différents composants. Il dépend directement de la marque de l'automate utilisé (ici, Schneider: TSX37).

Vérin 1A rentré	%I1.1
Vérin 1A sorti	%I1.2
Vérin 1A rentré	%I1.3
Vérin 2A sorti	%I1.4
Bouton poussoir Dcy	%I1.5
Sortir vérin 1A	%Q2.1
Rentrer vérin 1A	%Q2.2
Sortir vérin 2A	%Q2.3
Rentrer vérin 2A	%Q2.4

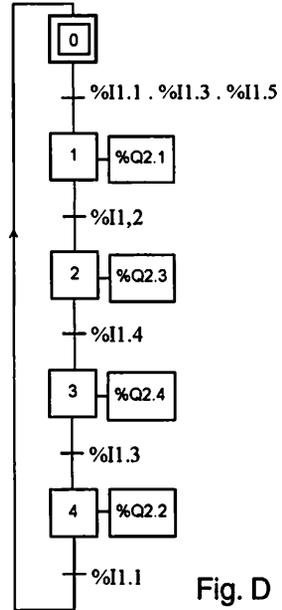
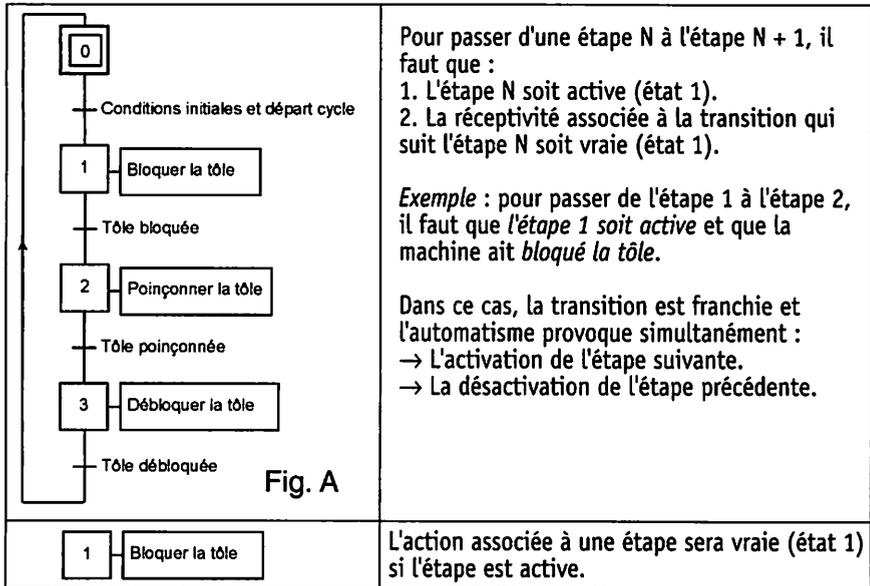


Fig. D

## I. Règles d'évolution du GRAFCET



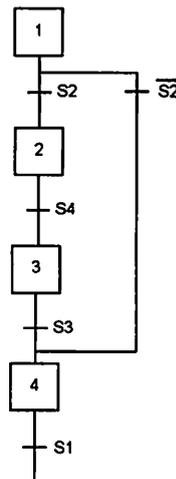
## II. Autres symboles pour réaliser un GRAFCET

### II.1. Le saut d'étape

Si l'étape 1 est active :

1. Pour passer de l'étape 1 à l'étape 2, il faut que la réceptivité  $S_2$  soit vraie ( $S_2 = 1$ ).
2. Pour passer de l'étape 1 à l'étape 4, il faut que la réceptivité  $\overline{S_2}$  soit vraie ( $\overline{S_2} = 1 \rightarrow S_2 = 0$ ). Dans ce cas les étapes 2 et 3 ne seront jamais actives.

Pour obtenir un saut d'étape sans erreur, il est absolument nécessaire que les deux réceptivités soient sous la forme d'un OU exclusif.

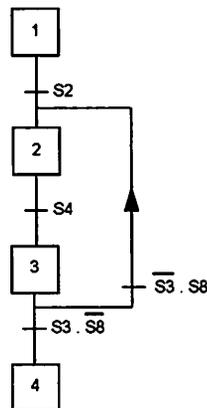


### II.2. La reprise d'étape(s)

Parfois dans un automatisme, il est nécessaire de répéter certaines actions. Pour ce faire, il est parfois possible de réutiliser des étapes.

Après l'étape 3 (si celle-ci est active) il est possible d'aller vers :

1. L'étape 2 si  $S3$  est à l'état repos (état = 0) et si  $S8=1$ . Dans ce cas les étapes 2 et 3 vont être de nouveau utilisées.
2. L'étape 4 si  $S3$  est au travail (état = 1) et si  $S8 = 0$ .



**Remarque 1 :** pour obtenir une reprise d'étape(s)

sans erreur, il est absolument nécessaire que les deux réceptivités soient sous la forme d'un OU exclusif.

**Remarque 2 :** la liaison représentant la reprise d'étape(s) doit comporter obligatoirement une flèche pour indiquer la remontée.

→ Dans le sens descendant, il n'y a jamais de flèche.

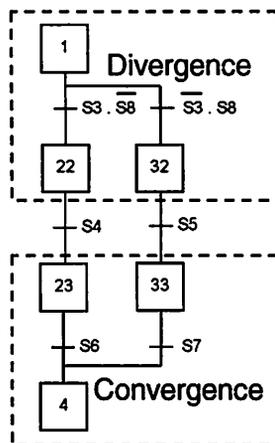
### II.3. La divergence / convergence en OU

Cette représentation s'apparente à un aiguillage, où le système automatisé fonctionne de deux façons différentes selon deux équations (celles-ci devant être sous la forme d'un OU exclusif).

Dans l'exemple ci-contre :

1. Soit  $(S3 \text{ et } /S8) = 1$  → le GRAFCET déroule alors les étapes 22 puis 23 puis 4.
2. Soit  $(/S3 \text{ et } S8) = 1$  → le GRAFCET déroule alors les étapes 32 puis 33 puis 4.

**Remarque :** le nombre d'étapes dans chaque branche peut être différent.



## II.4. La divergence / convergence en ET

Cette fois, on envisage de décomposer l'automatisme en deux branches (parfois plus), qui vont fonctionner en simultanéité.

Il est fort probable qu'une branche sera plus rapide que l'autre. C'est pour cela que les deux étapes juste avant la convergence ne comportent que très rarement une action associée. Cela s'appelle synchroniser deux branches d'un GRAFCET.

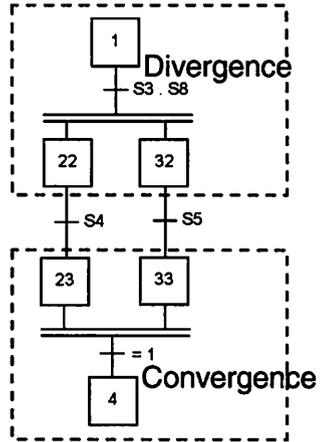
Si  $(S3 \text{ et } S8) = 1$ , si l'étape 1 est active (=1):

- 1. Les étapes 22 et 32 seront activées.
- 2. L'étape 1 sera désactivée.

Chaque branche du ET va se dérouler individuellement.

La réceptivité marquée =1 indique qu'elle est toujours vraie. Quand l'étape 23 sera active ET si l'étape 33 est active:

- 1. L'étape 4 sera activée.
- 2. Les étapes 23 et 33 seront désactivées.



## II.5. L'action conditionnelle

Vous avez retenu qu'une action n'est effective que si l'étape est active.

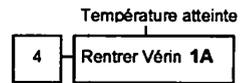
Dans notre exemple, il y a en plus une indication:

➤ température atteinte.

Cela va imposer une condition supplémentaire:

L'action « Rentrer le vérin 1A » ne sera vraie que si:

- 1. L'étape 4 est active.
- 2. ET si la condition « température atteinte » est vraie.



## I. La temporisation

Dans la fiche 18, nous avons vu ce qu'est une temporisation.

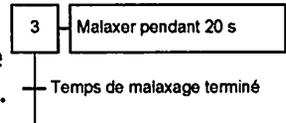
Dans un GRAFCET il est possible de représenter ce mode de fonctionnement.

Une codification précise doit être employée.

### I.1. GRAFCET du point de vue système

Ici, le temps est attendu juste après l'action.

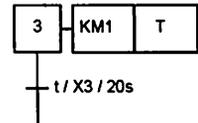
Une temporisation peut être « lancée » à une étape et être contrôlée quelques étapes après.



### I.2. GRAFCET du point de vue commande

Dans la case action, il est précisé qu'une fonction « temporisation » est utilisée.

La réceptivité doit être écrite en précisant, le symbole  $t$ , l'étape qui « lance » la temporisation (X3), puis la durée (20s).



### I.3. GRAFCET du point de vue automate

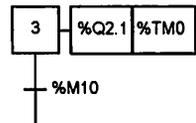
Le codage est imposé par le fabricant de l'automate.

Ici, la fonction temporisation est représentée par %TMO.

La fin de la temporisation est reçue par %M10, qui est une mémoire interne de l'automate.

Toutefois, vous avez vu dans le chapitre précédent qu'une action pouvait être conditionnée.

Ceci peut être aussi employé dans le cas d'une temporisation.



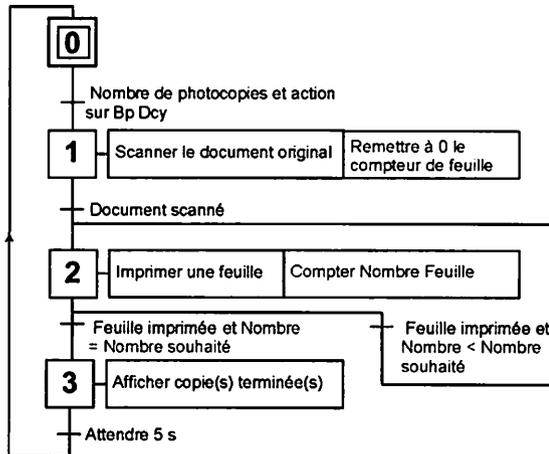
Du point de vue système		Du point de vue commande	
Air brassé depuis 10 s		t / X4 / 10 s	
4	Brasser l'air    Chauffer le local	4	KM1    KM2

## II. Le comptage

Dans certaines applications, il est parfois nécessaire de répéter un certain nombre de fois, une (ou plusieurs) opérations.

Il est alors possible de contrôler le nombre de répétitions par comptage. Voici un GRAFCET simulant une photocopieuse :

1. Le comptage est réalisé à l'étape 2.
2. Un test permet de connaître si le nombre de feuilles « imprimées » est le même que celui attendu.  
→ une reprise d'étape a lieu si ce nombre est inférieur au nombre attendu.
3. Quand un compteur est utilisé il faut toujours savoir à quel moment il sera mis à 0 (ou à une valeur choisie à l'avance).



**Remarque:** s'il est possible de compter, il est aussi possible de décompter. En effet une photocopieuse indique parfois sur un afficheur, le nombre de photocopies qu'elle doit encore faire. Dans ce cas elle part du nombre désiré et termine quand le nombre est égal à 0, cela en décomptant.

Dans un GRAFCET du point de vue commande, il faut utiliser l'écriture suivante.

Action de compter : Ajouter « + 1 »	$C1 \leftarrow C1 + 1$
Action de décompter : Soustraire « - 1 »	$C1 \leftarrow C1 - 1$
Action de mettre le compteur à 0	$C1 \leftarrow 0$
Action de mettre le compteur à une valeur imposée	$C1 \leftarrow 12$
Savoir si le nombre est atteint	$\vdash C1 = 3$
Savoir si le nombre n'est pas atteint	$\vdash C1 < 3$

Certaines actions peuvent être conditionnées.

**Remarque:** le point de vue automate n'est pas traité, car selon le constructeur, il y a des solutions différentes.