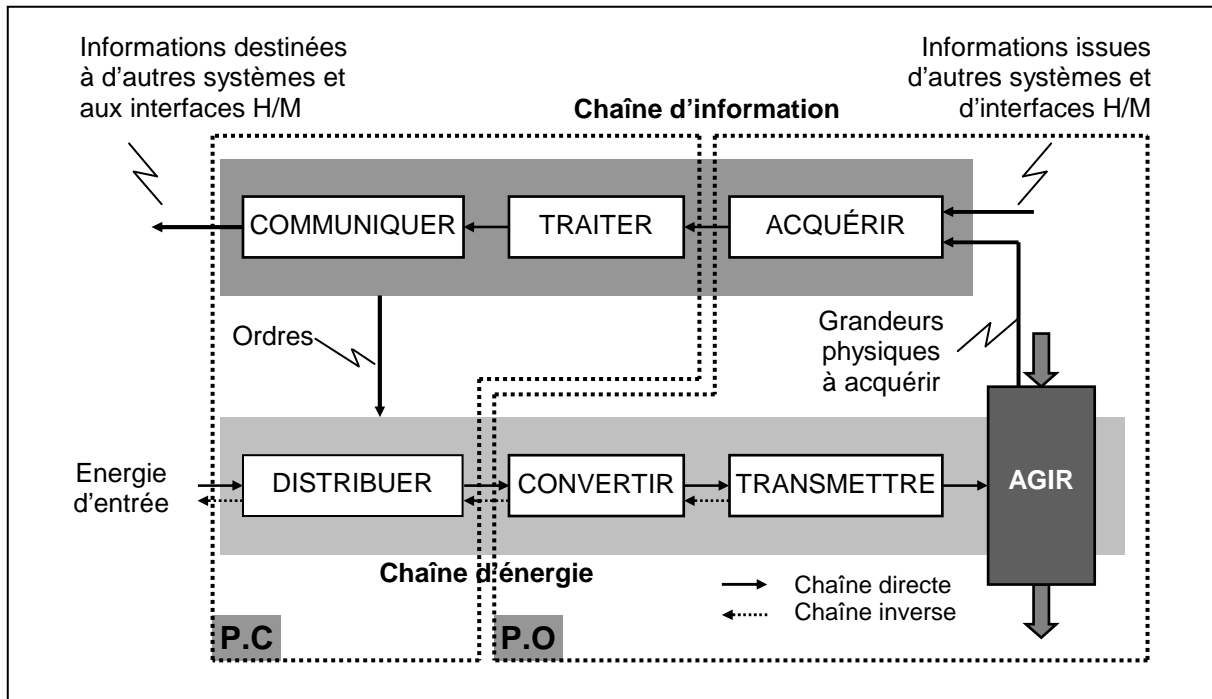




Schémas électriques des systèmes industriels

1. Le contexte

La réalisation d'un câblage électrique s'effectue à l'aide d'un **schéma électrique**. Ce schéma a été élaboré à partir d'un **cahier des charges**. Généralement, il répond à un besoin, le système rajoute donc une valeur ajoutée à la matière d'œuvre rentrante



Architecture fonctionnelle générique d'un système ou produit pluri technique

Un système automatisé peut être décomposé en deux parties distinctes :

- **La partie opérative (P.O)**

C'est l'ensemble des moyens techniques agissant sur la **matière d'œuvre** (produit, énergie ou information) afin de lui apporter la valeur ajoutée souhaitée. La **P.O** est entre autre constituée de deux grands types de composants : les **actionneurs** (moteur, vérin, ...) assurant la fonction technique « **CONVERTIR** » et les **capteurs** (détecteur, capteur de position, ...) réalisant la fonction technique « **ACQUÉRIR** ». Des **effecteurs** (pince de robot, outils d'usinage, ...) sont associés aux actionneurs.

- **La partie commande (P.C)**

C'est l'ensemble des moyens de traitement de l'information assurant le pilotage de la P.O. On y trouve les **préactionneurs** (contacteur, variateur, ...) assurant la fonction technique « **DISTRIBUER** ». La réalisation matérielle de la partie commande peut être effectuée :

- en **technique câblée** (association de composants d'automatisme, solution difficile à modifier) ;
- en **technique programmée** (constituants de type Automate Programmable Industriel, ordinateur ou carte électronique de commande).

Tout système a besoin d'énergie pour fonctionner. Cette énergie est nécessaire pour chaque fonction.

2. Les circuits électriques de commande et de puissance

Un **schéma** représente, à l'aide de **symboles graphiques**, les différentes parties d'un réseau, d'une installation, d'un équipement, qui sont reliées et connectées fonctionnellement. Il doit pouvoir être lisible aisément par un professionnel, **expliquer** le fonctionnement de l'équipement et **fournir** les bases d'établissement des schémas de réalisation de la P.O et de la P.C.
Il existe dans une installation ou un système industriel deux circuits :

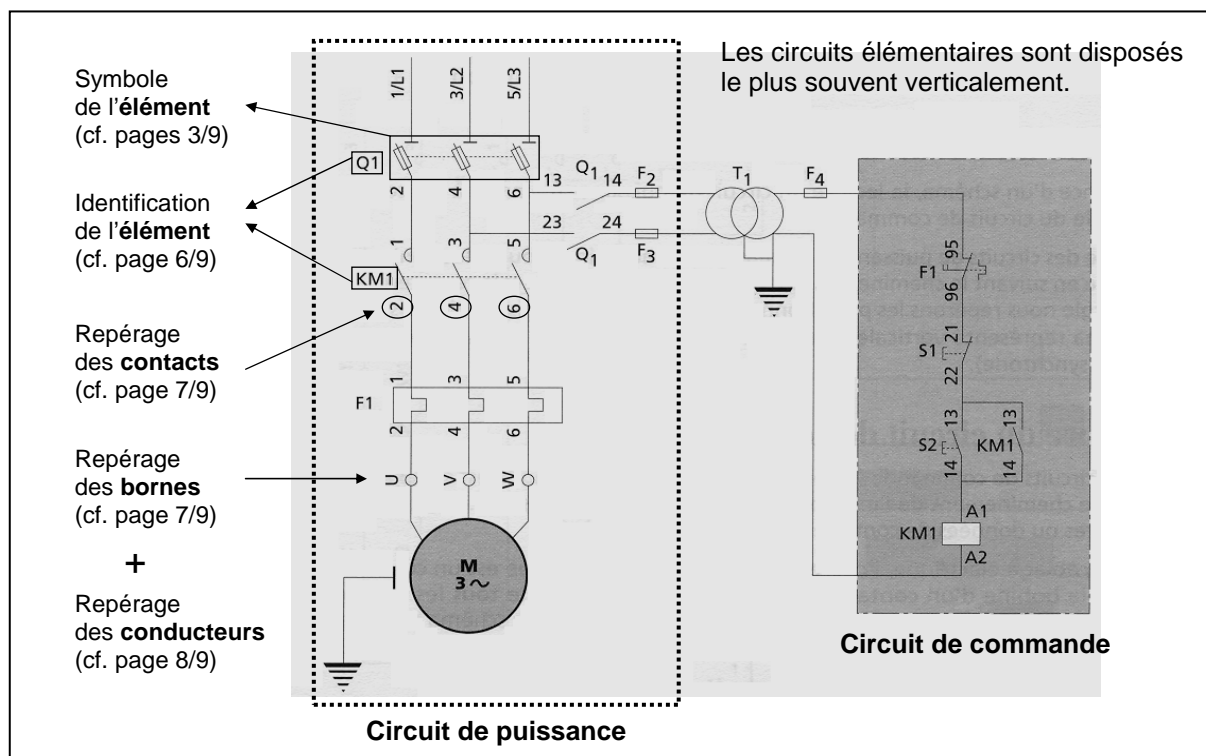
- **Le circuit électrique de commande**

On y trouve les boutons poussoirs, les capteurs, les relais, l'A.P.I, les préactionneurs, tous les éléments parcourus par un courant faible. C'est le circuit qui permet de commander la machine, il est toujours en monophasé.

- **Le circuit électrique de puissance**

Il représente l'actionneur avec les appareils de commandes, de sectionnement, de protection, ... tous les éléments parcourus par un courant fort. C'est celui qui permet d'alimenter une machine en énergie.

Généralement, le schéma électrique industriel est représenté sous la **forme développée**.



Diverses conventions des circuits électriques développés sont adoptées :

- **Pour le circuit de puissance**

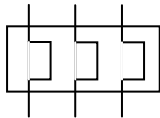
- L'alimentation en alternatif triphasé pour le circuit de puissance est placée à gauche ou en haut.
- Les éléments d'un même organe ne sont pas dispersés.

- **Pour le circuit de commande**

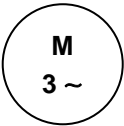

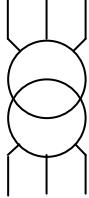
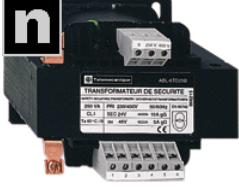
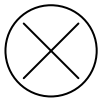


- Pour le schéma de commande, l'alimentation en continu ou en alternatif est placée de part et d'autre du schéma généralement.
- Les éléments d'un même organe se retrouvent dispersés. Les bobines des préactionneurs (contacteurs, distributeur) sont tous reliés en un même point (ils ont un point commun).

3. Les principaux éléments des circuits de puissance et de commande

Nom	Fonction	Symbole	Photo (illustration)
Interrupteur tripolaire	Il permet la mise sous tension d'un circuit. Cet appareil possède un pouvoir de coupure ; il peut donc être manœuvré en charge .		
Disjoncteur	Il protège les matériels contre les surintensités de type court-circuit ou surcharges .		
Disjoncteur différentiel	Il protège les personnes contre les contacts indirects (contact des personnes avec des masses mises accidentellement sous tension suite à un défaut d'isolement).		
Sectionneur porte fusible tripolaire	Il assure l' isolement du circuit aval. Il ne possède pas de pouvoir de coupure et doit être actionné à vide . Il supporte les cartouches fusibles destinées à protéger l'installation contre des courts-circuits.		
Fusible	Il protège les matériels contre les courants de court-circuit . (Différents types : aM, gG)		
Interrupteur sectionneur	Il isole le circuit de son alimentation (transformateur) et provoque la mise sous tension d'un circuit. Il possède un pouvoir de coupure ; il peut donc être manœuvré en charge .		
Contacteur tripolaire	C'est un appareil de commande permettant d'établir ou d'enlever la tension dans un circuit de puissance. Il possède un pouvoir de coupure . <i>Il est constitué d'une bobine (organe de commande) qui, lorsqu'elle est alimentée, ferme par attraction électromagnétique les contacts (ou pôles) de puissance et ouvre ou ferme les contacts auxiliaires.</i>	Organe de C ^{de}	
		Pôles de puissance	
Bloc de contacts auxiliaires Ex : 2F + 2O (pour la commande)	Liés au contacteur de puissance, ils permettent d'établir la tension dans le circuit de commande. Ces contacts se placent sur le contacteur de puissance.		

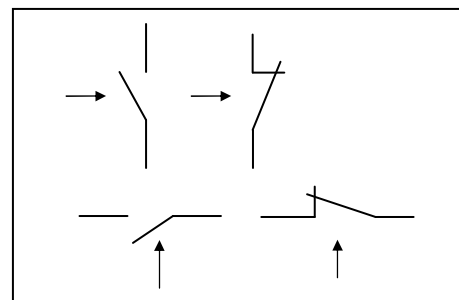
Relais thermique	<p>Un relais de protection thermique traditionnel protège le moteur dans les deux cas suivants :</p> <ol style="list-style-type: none"> Surcharge, par le contrôle du courant absorbé sur chacune des phases, Déséquilibre ou absence de phases, par son dispositif différentiel. <p>Le contact est commandé par le relais thermique et permet l'ouverture du circuit de commande.</p>	Organe de commande 	
		Contact du relais thermique 	
Bouton poussoir	Il s'agit d'un interrupteur à une position stable ou position repos (ici position ouverte). Si on relâche le bouton, celui-ci s'ouvre.		
Bouton coup de poing (arrêt d'urgence)	Il permet l' ouverture d'un circuit par l'opérateur dans le cas d'un défaut visible (cas d'urgence).		
Capteur à galet	Lorsqu'une pièce vient toucher le galet, celui-ci entraîne l' ouverture d'un contact (exemple : détecteur de position).		
Interrupteur à clé	Il s'agit d'un Interrupteur à deux positions stables : une position fermée et une position ouverte .		
Interrupteur 3 fils	Il s'agit d'un Interrupteur à deux positions stables (deux positions fermées).		
Relais temporisé à la mise au travail	Le contact est commandé par le relais temporisé, et il s'agit d'un contact à ouverture, retardé à la fermeture . A partir du moment où le relais commande la fermeture du contact, celui-ci ne se refermera qu'après un certain temps t correspondant au temps de la temporisation .	Organe de commande à la mise au travail  Contact du relais 	

□ **Suite et fin des principaux éléments**

<p>Moteur triphasé</p>	<p>Il permet de convertir de l'énergie électrique en énergie mécanique (pour entraîner la broche d'une perceuse par exemple).</p>		
<p>Transformateur triphasé</p>	<p>Il permet d'adapter la tension au circuit que l'on veut alimenter. Il peut être abaisseur ou élévateur de tension.</p>		
<p>Voyant</p>	<p>Voyant (associé à un contact), il permet de voir si le contact est bien enclenché.</p>		
<p>Verrouillage mécanique</p>	<p>Lorsqu'un contact est fermé, ce verrouillage interdit la fermeture d'un autre contact en parallèle.</p>	 <p><u>Exemple</u> : Verrouillage mécanique entre les deux contacteurs utilisés pour le démarrage direct d'une MAS à deux sens de rotation.</p>	

□ **Conventions pour la représentation des contacts**

On notera que pour un **contact vertical**, l'action se fait de la **gauche** vers la **droite** alors que pour un **contact horizontal**, elle se fait du **bas** vers le **haut**.



4. Identification des éléments

La complexité des installations électriques et leur étendue obligent à identifier tous les éléments. La norme française (NF) **C 03-152** précise les règles qui permettent un repérage standard dans tous les schémas électriques. Le repère est composé de trois parties :

- La première lettre désigne la **famille** ou le **type d'élément** (voir tableau 1) ;
- La deuxième partie est constituée d'un **numéro choisi par l'utilisateur** ;
- La troisième lettre désigne la **fonction de l'élément** (voir tableau 2).

□ **Tableaux d'identification**

Lettre repère	Sorte d'élément
A	Ensemble, sous-ensembles fonctionnels.
B	Transducteurs d'une grandeur non électrique en une grandeur électrique ou vice versa.
C	Condensateurs.
D	Opérateurs binaires, dispositifs de temporisation, dispositifs de mise en mémoire.
E	Matériels divers.
F	Dispositifs de protection.
G	Générateurs (dispositifs d'alimentation).
H	Dispositifs de signalisation.
J	
K	Relais et contacteurs.
L	Inductances.
M	Moteurs.
N	
P	Instruments de mesure, dispositifs d'essai.
Q	Appareils mécaniques de connexion pour circuits de puissance.
R	Résistances.
S	Appareils mécaniques de connexion pour circuit de conduite.
T	Transformateurs.
U	Modulateurs, convertisseurs.
V	Tubes électroniques, semi-conducteurs.
W	Voies de transmission, guide d'onde, antenne.
X	Bornes, fiches, socles.
Y	Appareils mécaniques actionnés électriquement.
Z	Charges correctives, transformateurs différentiels, filtres, correcteurs, limiteurs.

Tableau 1

Lettre repère	Fonction générale
A	Auxiliaire.
B	Direction de mouvement (avant, arrière).
C	Comptage numérique.
D	Différentiel.
E	
F	Protection.
G	Essai.
H	Signalisation.
J	Intégration.
K	Approche (exemple : mise à niveau).
L	
M	Principal.
N	Mesure.
P	Proportionnel.
Q	Démarrage, d'arrêt, de fin de course.
R	Réarmement, effacement.
S	Mise en mémoire, enregistrement.
T	Temporisation.
U	
V	Vitesse (accélération, freinage).
W	Additionneur.
X	Multiplieur.
Y	Analogique.
Z	Numérique.

Tableau 2

➤ **Exemples :**

K3A (généralement **KA3**) indique la fonction contacteur auxiliaire.

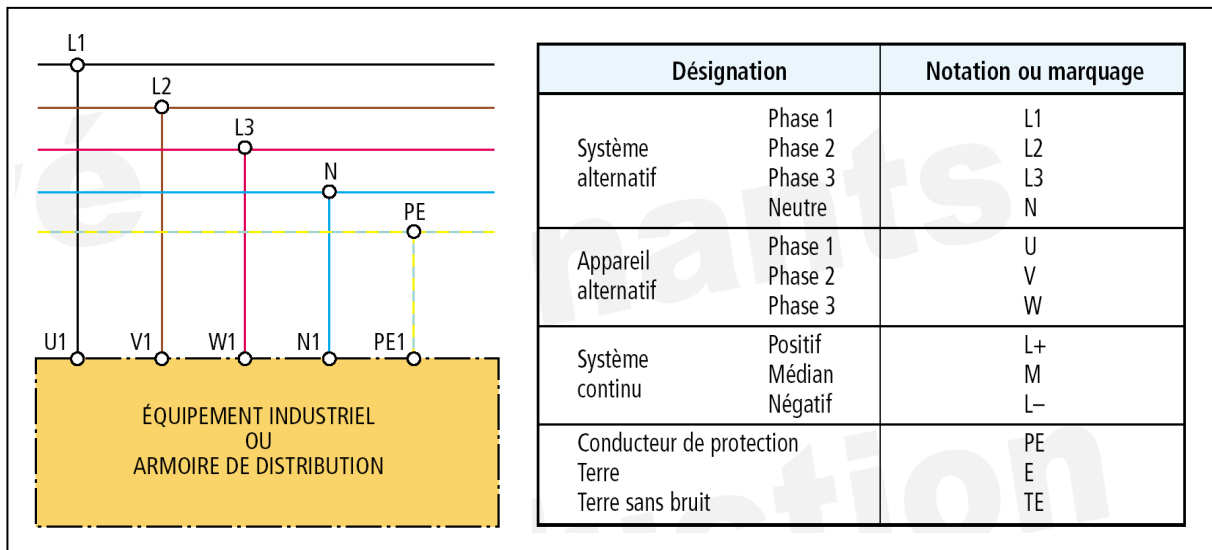
La tendance actuelle est de préciser la sorte d'élément par une deuxième lettre :

KM : Contacteur moteur (ex : KM12)
KT : Contacteur temporisé (ex : KT3)
KA : Contacteur auxiliaire (ex : KA1)
FU : Fusible (ex : FU15)
FT : Relais thermique (ex : FT6)

5. Repérage des bornes, des contacts et des conducteurs

5.1. Marquage des bornes

Tous les appareils électriques doivent avoir des repères affectés à chacune de leurs bornes. Ce repérage fait l'objet d'une norme (**EN 60 445**) et est constitué par des **lettres** et des **chiffres**.



5.2. Marquage des contacts

□ Contacts principaux

Ils sont repérés par un seul chiffre de **1 à 6** en tripolaire et de **1 à 8** en tétrapolaire.

□ Contacts auxiliaires

Ils sont repérés par un **nombre à 2 chiffres**. Le chiffre des unités indique la fonction du contact.

1 - 2 : Contact **NC** (Normally Closed) ou **contact à ouverture**

3 - 4 : Contact **NO** (Normally Open) ou **contact à fermeture**

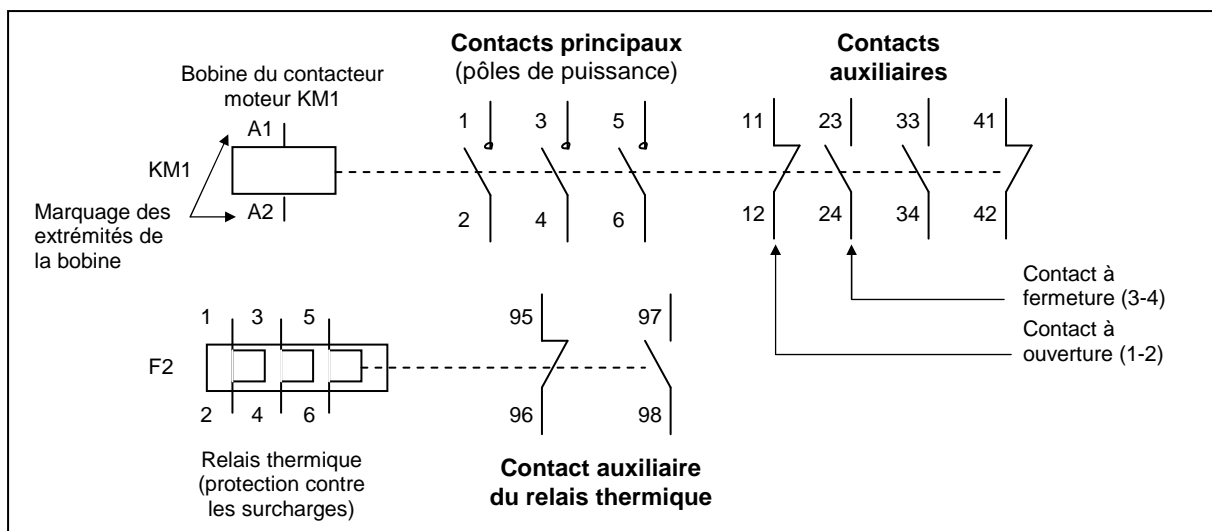
5 - 6 : Contact **NC** à fonction spécifique (temporisés, de relais thermique, ...)

7 - 8 : Contact **NO** à fonction spécifique (temporisés, de relais thermique, ...)

Le chiffre des dizaines indique le numéro d'ordre de chaque contact auxiliaire de l'appareil.

Les chiffres **9** et **10** sont réservés aux contacts auxiliaires des relais de protection.

➤ Exemples :

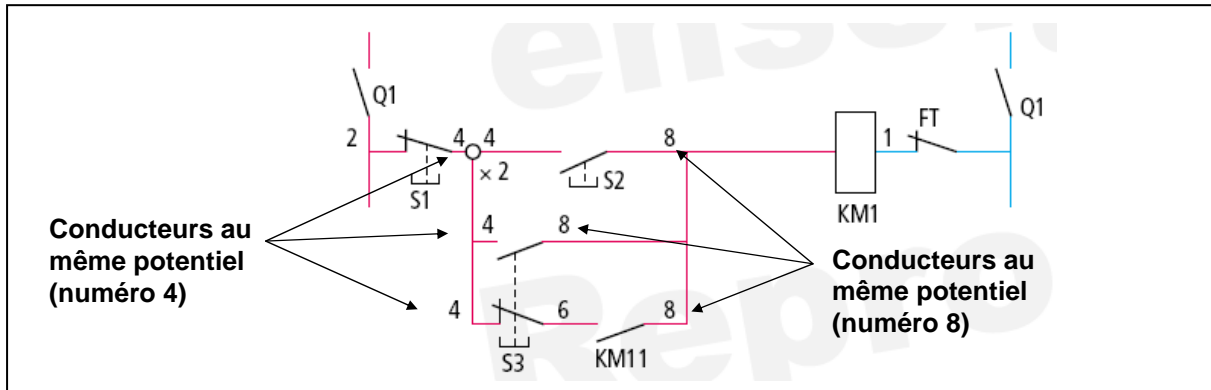


5.3. Marquage des conducteurs

Afin de faciliter la réalisation du câblage de l'équipement (mais aussi son dépannage éventuel et des modifications ultérieures), chaque conducteur est repéré par un **numéro de fil**.

Il existe plusieurs méthodes de numérotation des conducteurs : la plus répandue est la méthode de **numérotation des équipotentielles** (appelé aussi repérage indépendant ou équipotentiel) : chaque liaison équipotentielle (le même potentiel) porte le même numéro.

➤ **Exemple** : Numérotation du circuit de commande

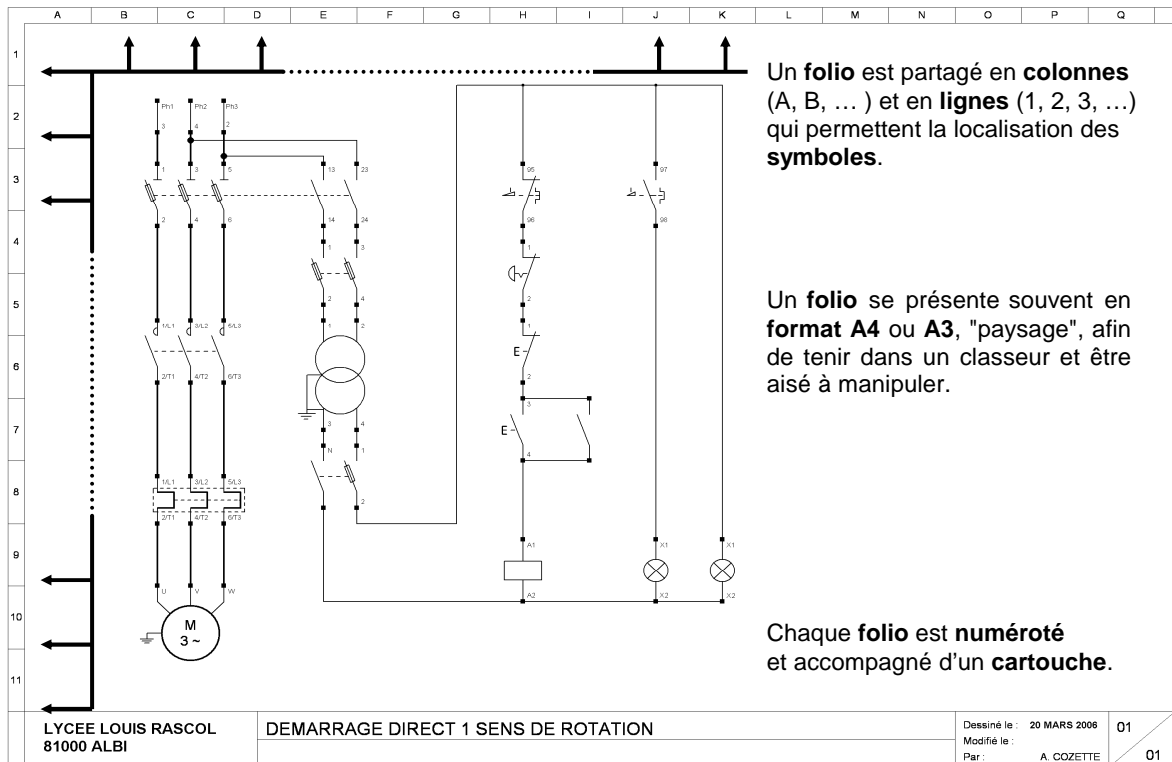


Les logiciels de **DAO - CAO** (Dessin Assisté par Ordinateur - Conception Assistée par Ordinateur) peuvent numéroté automatiquement les conducteurs. La plupart du temps, ils procèdent comme suit :

Le schéma est virtuellement parcouru de haut en bas et de la gauche vers la droite et les conducteurs sont numérotés au fur et à mesure qu'ils sont "découverts". Un conducteur déjà numéroté est ignoré. Les conducteurs du circuit de puissance sont numérotés de **L_i** à **L_k**... (L1, L2, L3, ...). Les conducteurs du circuit de commande sont numérotés de **i** à **k**... (1, 2, 3, ...).

6. Les schémas électriques

6.1. Notions de folio



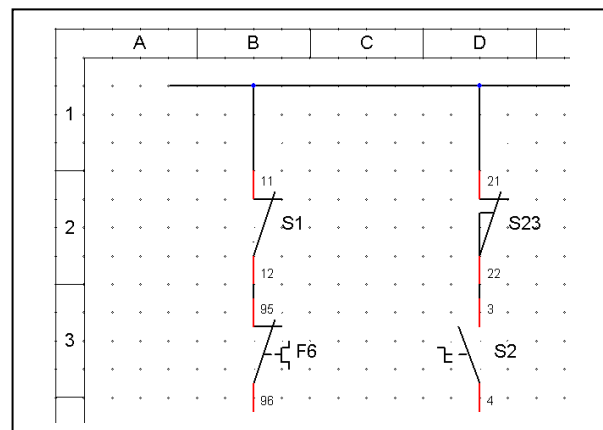
➤ **Exemple** : Localisation de symboles

Le contact **NC** "S1" est situé sur la colonne **B** et la ligne **2**.

L'interrupteur de position à contact **NC** "S23" est situé sur la colonne **D** et la ligne **2**.

Le commutateur tournant (bouton rotatif) "S2" est situé sur la colonne **D** et la ligne **3**.

Le contact auxiliaire **NC** du relais thermique "F6" est situé sur la colonne **B** et la ligne **3**.



6.2. Notions de références croisées

Afin, entre autre, de faciliter la lecture des schémas, les contacteurs et leurs pôles de puissance, ainsi que leurs contacts auxiliaires, sont liés entre eux par des **indications de localisations** :

- au-dessous de la bobine du contacteur est dessiné un tableau qui indique le type de contacts (puissance, NC, NO, ...) du contacteur et leur localisation dans le schéma ;
- à côté de chacun des contacts principaux du contacteur (ou des pôles de puissance) est indiquée la localisation de la bobine du contacteur.

Par convention, la bobine du contacteur est considérée comme un symbole “**maître**” et les contacts sont des symboles “**esclaves**”. L'exemple suivant illustre ce principe de "références croisées" :

