

OBJECTIFS

□ Objectifs

- analyser un schéma électrique industriel.
- Comprendre les constituants d'un circuit électrique industriel.

□ Prérequis

- CMSE 1
- Électricité 2

□ public cible

- 2^{ième} année Génie Industriel et Maintenance (GIM)

Schémas des circuits électriques

Schéma explicatif destiné à faire comprendre en détail le fonctionnement de l'équipement, il doit également permettre le câblage et aider lors de dépannage éventuel.

Il représente par des symboles un équipement avec les connexions électriques ou autres liaisons qui interviennent dans son fonctionnement.(fig,01)

Pour faciliter la compréhension, la représentation développée doit être utilisée (les éléments d'un même appareil sont séparés et disposés de manière que le tracé de chaque circuit puisse être facilement suivi). Les circuits de puissance et ceux de commande, de signalisation sont généralement, représentés sur deux parties distinctes du schéma.

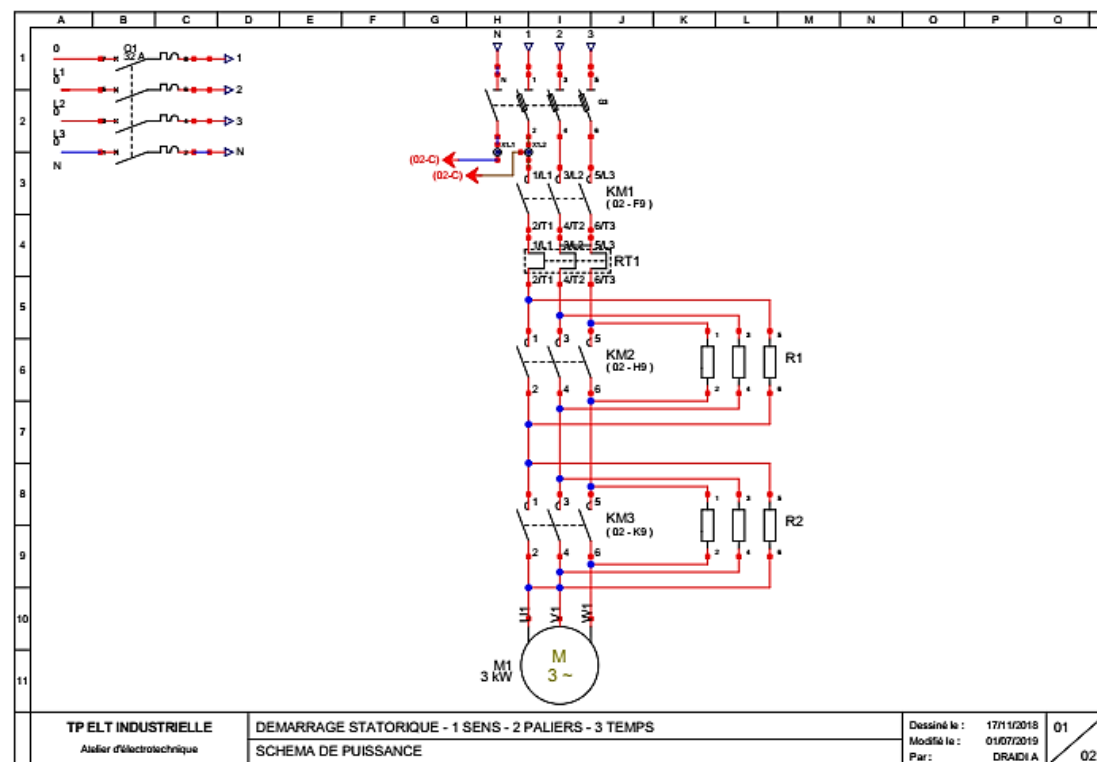


Figure 01: exemple d'un schéma électrique

Dans la **liasse** de documents constituant le schéma des circuits d'un équipement est inscrit le même numéro d'identification, chaque **folio** étant repéré par son numéro de pagination dans cette liasse (**folio**)(fig,02).

Chaque **sous -ensemble fonctionnel** peut avoir une identification propre avec son foliotage (sous-ensembles normalisés incorporés dans le schéma des circuits),mais ces indications doivent impérativement être indiquées lors du **cartouche d'identification** réservé à l'identification de l'équipement.

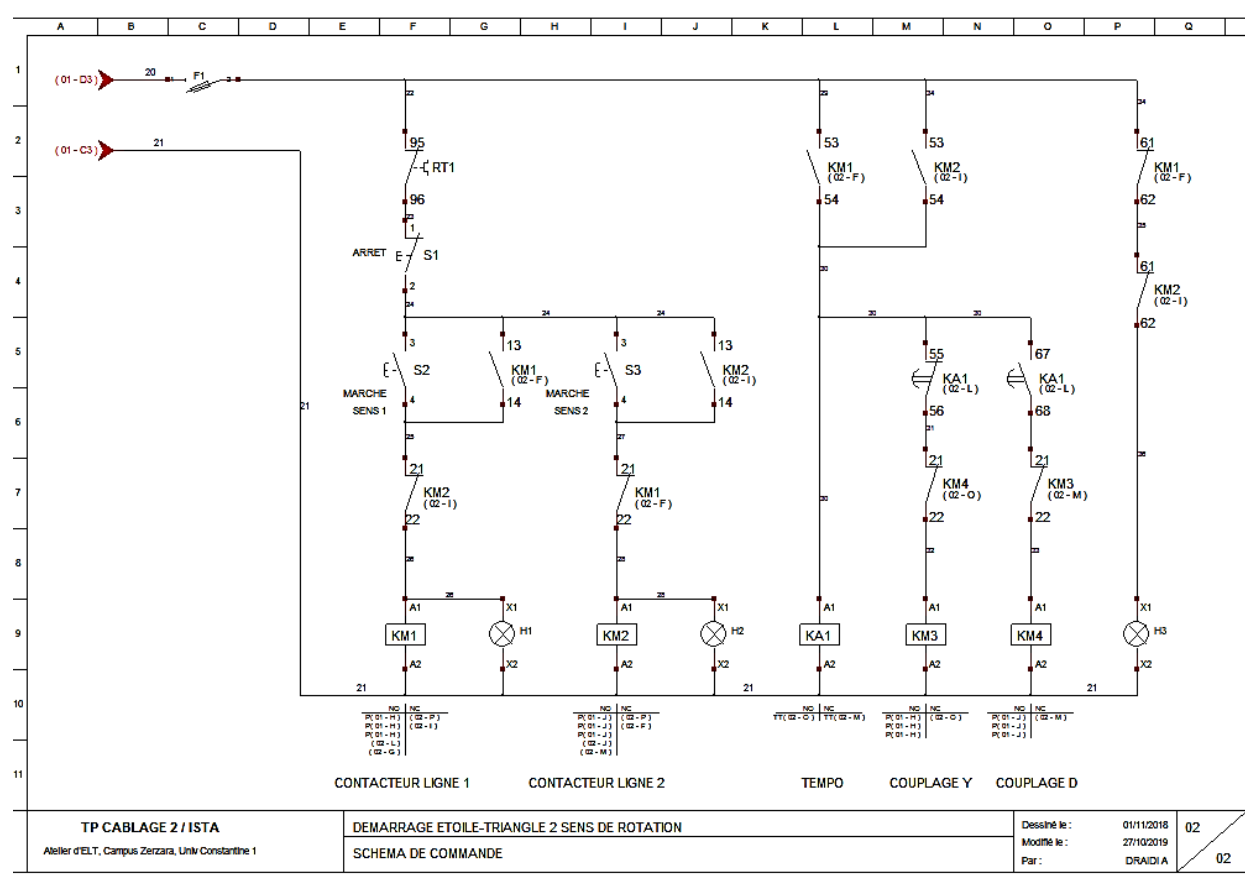


Figure 02: folio avec sa cartouche

Quelques rappels de terminologie

Équipements électriques des automatismes d'une installation industrielle:

une installation peut comporter plusieurs équipements électriques (un équipement par machine dans un atelier,...),

un équipement se subdivise, éventuellement, en **sous ensembles fonctionnels**, un sous-ensemble fonctionnel, caractérisé par **une action** (mouvement de rotation, fermeture d'une vanne....) se décompose en **fonctions élémentaires**, une fonction correspond à **un groupe d'appareils** liés entre eux et dont le fonctionnement peut être vérifié globalement (le groupe d'appareils: interrupteur de position sous le siège, relais commandé par celui-ci. voyant "Opérateur assis", constitue la fonction "Contrôle que l'opérateur des assis").



Figure 03: exemple d'un équipement Industriel automatisé

Dossier technique d'un équipement électrique

Ce dossier comprend principalement, suivant nécessité :

- une page de garde décrivant la liste des documents avec leurs numéros de folios, et leur indice.
- le schéma fonctionnel (tel que ordinogramme, organiphase, logigramme, ..).
- le schéma des circuits (puissance, et commande, signalisation),
- le plan de disposition de l'appareillage électrique,
- la notice, ou diagramme, de fonctionnement.
- le schéma des bornes, celui des connexions extérieures.
- la nomenclature du matériel électrique (fig,04)

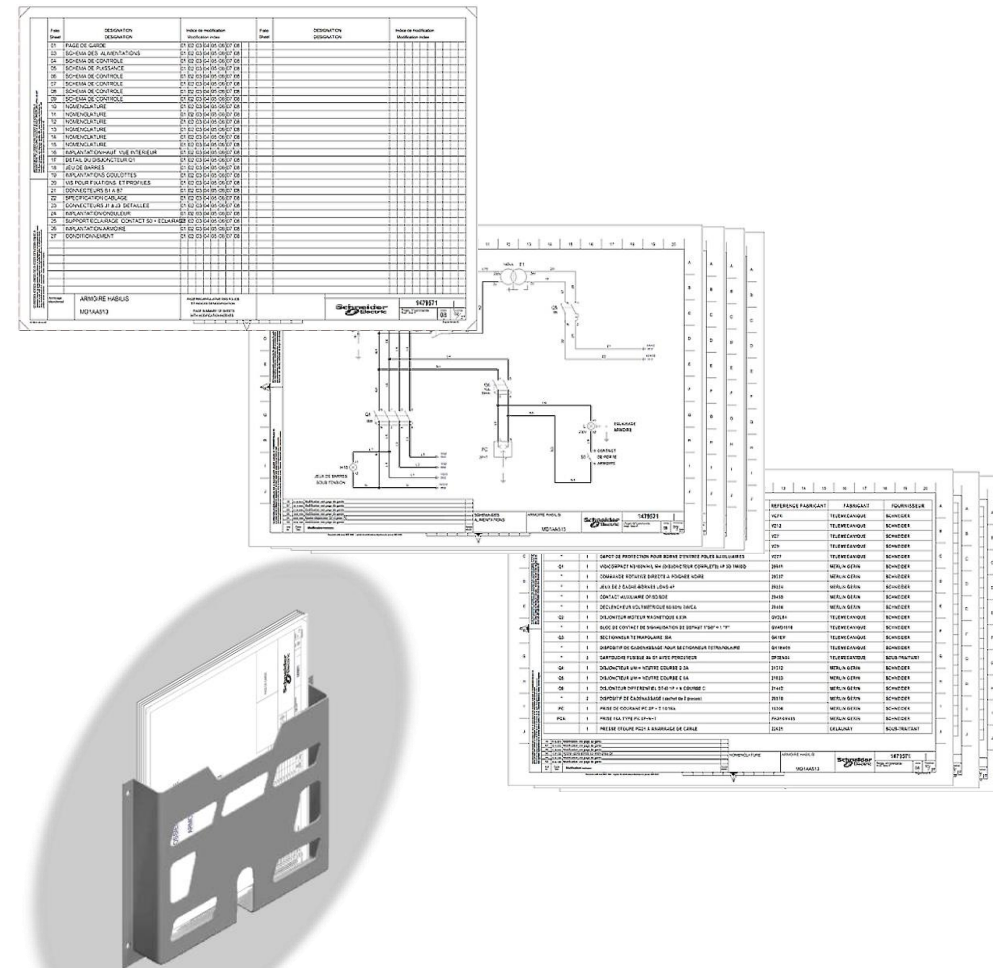


Figure 04: Dossier électrique d'une armoire électrique

Repérage des appareils et de leurs éléments

Repère d'identification (indispensable)
 Selon les prescriptions générales, les appareils et leurs éléments sont identifiés par un repère alphanumérique.

Les bornes de raccordement de chaque appareil possèdent un marquage qui figure sur le dit appareil (ou sa notice). c'est ce marquage qui doit être :

- inscrit à droite de chaque borne, ou extrémité de symbole.

Repère d'identification (indispensable)

Marquage des bornes des appareils (indispensable)

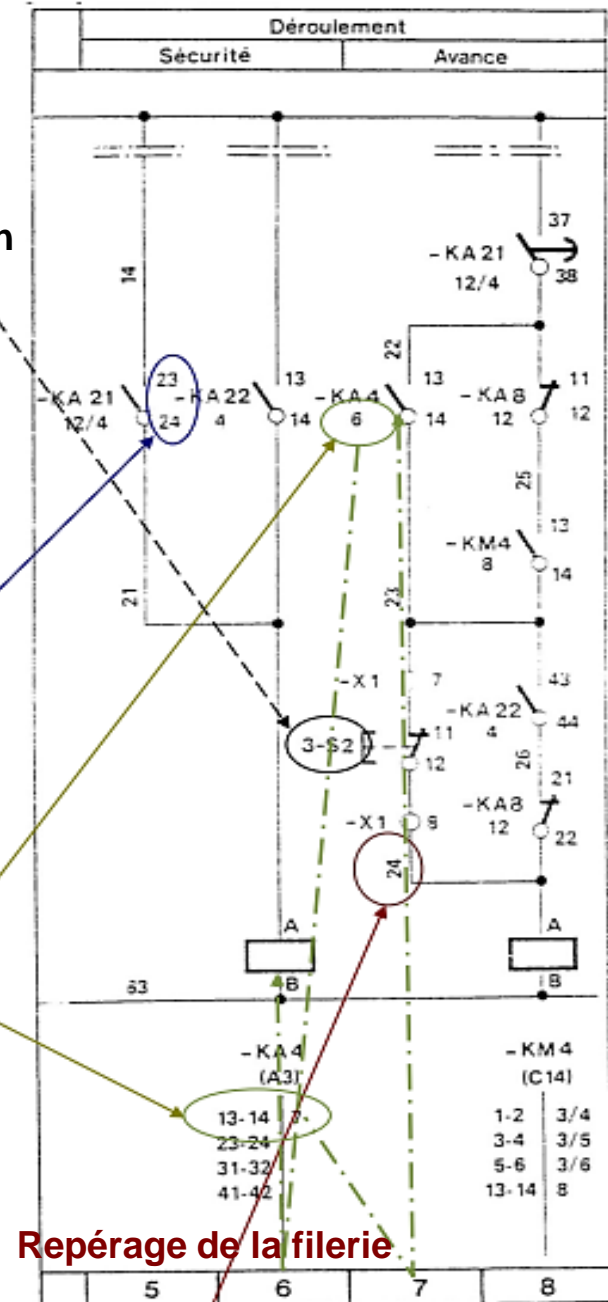
Localisation dans le schéma (souhaitable) **(référence croisées)**

C'est l'indication de l'endroit du schéma où se trouvent les autres éléments du même appareil, elle est :

- **Inscrite** : sous l'identification des contacts, sous l'organe de commande, à droite des repères des couples de bornes des contacts.
- **composée** : du numéro de folio/numéro de colonne, le numéro de colonne étant suffisant à l'intérieur d'un même folio.

Il n'est pas prévu de repérage de fil ni d'identification par la couleur, pour les fabrications normales. Deux types de repérage sont définis :

- le repérage dépendant (on indique sur l'extrémité du fil le repère de la borne où il se raccorde, d'où il vient. ou les deux),
- le repérage indépendant du marquage des bornes, La numérotation des connexions se fait folio par folio sur le schéma des circuits. Lorsqu'une connexion a un prolongement dans un autre folio, elle porte le même numéro qu'elle avait dans son folio d'origine.

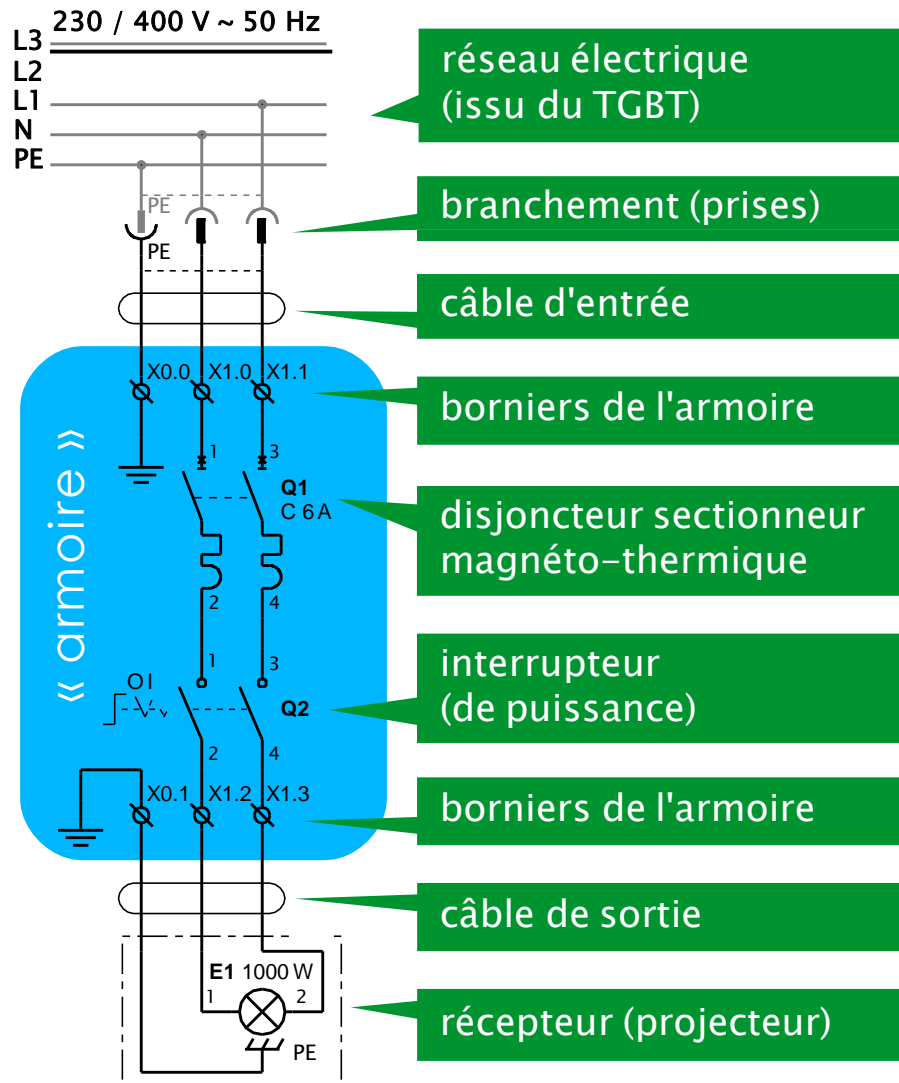


Repérage de la filerie

Figure 05: repérage d'un schéma électrique

Schématisation des circuits électriques industriels

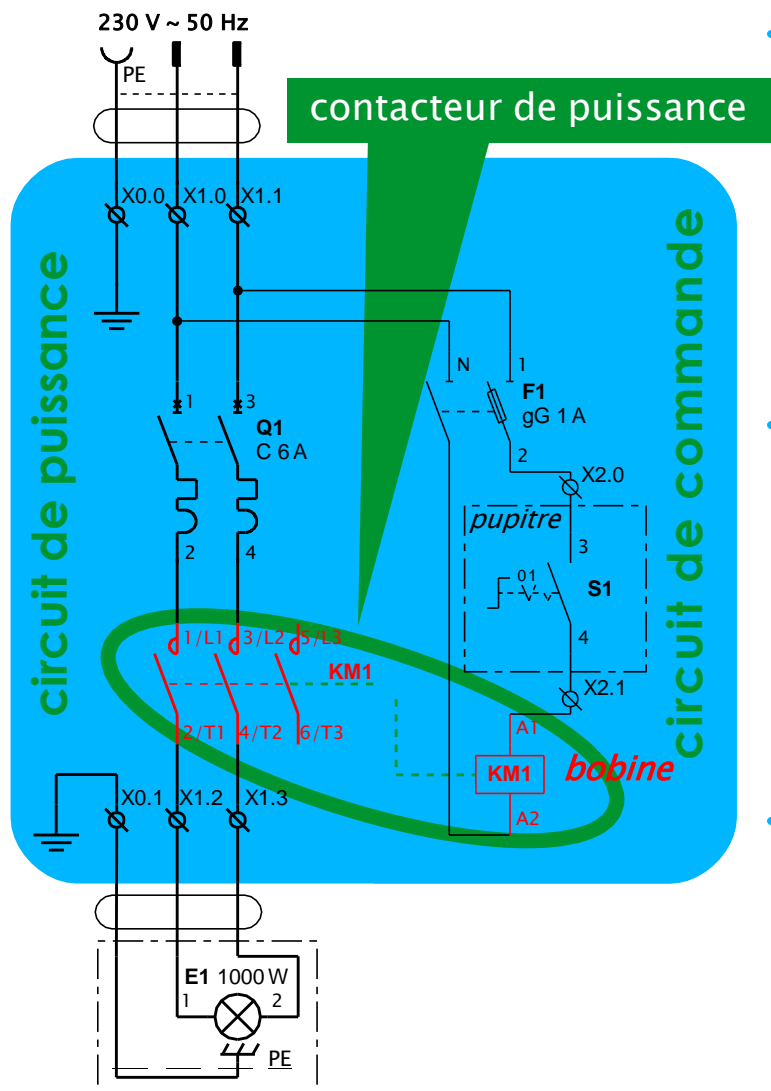
Exemple : système d'alimentation d'un projecteur (1^e variante)



- **Circuit industriel de puissance**
 - alimentation externe
branchement normalisé au réseau
(classe I ⇒ conducteur PE)
 - **borniers** pour les entrées/sorties
 - appareils de **protection** indispensables
(dimensionnés pour les récepteurs)
- **Contexte d'utilisation du schéma**
 - élément du **dossier électrique**
 - élaboré par le concepteur
 - utilisé par le fabricant, les utilisateurs, les réparateurs...
 - **normalisation** (symboles, repérage)
nécessaire pour la compréhension

Figure 06: Circuit industriel de puissance

Exemple : système d'alimentation d'un projecteur (2^e variante)



- **Appareil maître : contacteur de puissance**
« interrupteur » de puissance à commande électrique
 - fermeture des **contacts de puissance** (1-2, 3-4, 5-6) par électroaimant si **bobine** (A1-A2) sous tension
 - appareil monostable : **ressort de rappel** au repos
- **Principe de la commande séparée**
 - **circuit de puissance** : récepteurs connectés via les contacts de puissance des contacteurs
 - **circuit de commande** : bobines des contacteurs alimentés via les appareils d'interface (boutons)
- **Intérêt de la commande séparée**
 - complexité de fonctionnement possible
 - sécurité d'utilisation : circuit de commande en TBTS via un transformateur de sécurité

Figure 07: principe de la commande séparée

Principes de la schématisation développée

« circuit » électrique = réseau d'appareils reliés par des conducteurs

- **schéma**
- **symboles**
- **traits**

A) Normalisation ► CEI : Commission Électrotechnique Internationale

- schématisation et repérage : normes CEI 61082 et 61364
- symboles : norme CEI 60617 (13 parties)
 - ⇒ partie 7 : *appareils de protection et de commande*

B) « Développement » du schéma

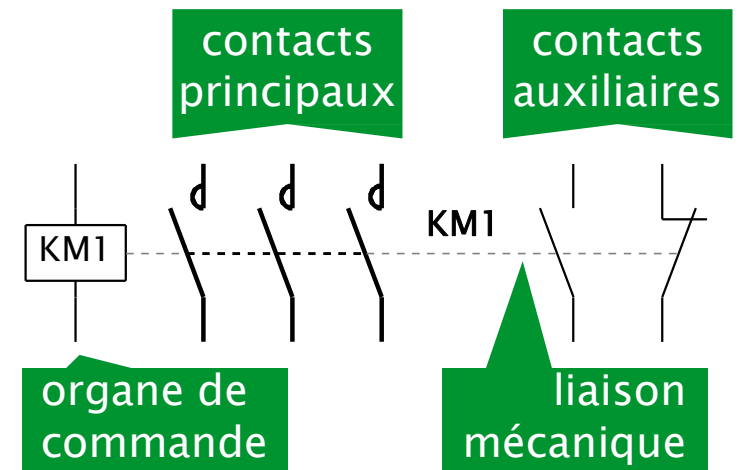
pas de schéma « architectural » en câblage industriel
(*représentation filaire illisible sur le schéma d'implantation*)

- dégroupement des éléments des symboles
- Objectif : **lisibilité** de la logique du fonctionnement des circuits
(puissance/commande)

C) Symbolisation des appareils

Figure 08: exemple - contacteur tripolaire

- **contacts principaux** ▶ sur le **circuit de puissance**
 - de 0 (appareil de commande) à 4 (appareil tétrapolaire)
 - toujours groupés, représentés en traits forts
- **contacts auxiliaires** ▶ sur le **circuit de commande**
 - de 0 à 5, voire +, grâce aux additifs
 - dégroupés, pas forcément tous utilisés, en traits fins
 - 2 types : ★ à **fermeture** (F) – *normaly open (NO)* ★ à **ouverture** (O) – *normaly closed (NC)*
 - esclaves de l'organe de commande, par liaison mécanique ⇒ indiquent l'état de l'appareil
 - ↳ *récupération de l'information de l'état de l'appareil pour conditionner une commande*
- **organe de commande** (« maître » des contacts) ▶ **symbole composé**
 - manuel ▶ à gauche des contacts principaux (ou à défaut, auxiliaires)
 - électrique (bobine) ▶ récepteur du **circuit de commande**
- **liaison mécanique** ▶ partiellement représentée si elle gêne la lecture du schéma



ex. - bouton tournant
2 positions fixes

D) Repérage des bornes des appareils

- **contacts de puissance**

- appareil uni ou bipolaire : **simple repérage** 1 - 2 ; 3 - 4
- appareil tri ou tétrapolaires : **double repérage** 1/L1 - 2/T1 ; ...

- **contacts de commande**

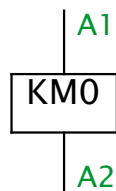
- chiffre des unités ► **fonction du contact**

	NC	NO
ordinaire	1 - 2	3 - 4
spécial (thermique, temporisé, etc.)	5 - 6	7 - 8

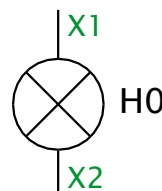
- chiffre des **dizaines** (et éventuellement des **centaines**)
 - uniquement pour les appareils multi-contacts par construction
 - **numéro d'ordre** par fonction de contact sur l'appareil
exemple : 13 - 14 → 1^e contact ordinaire NO

- **récepteurs de commande**

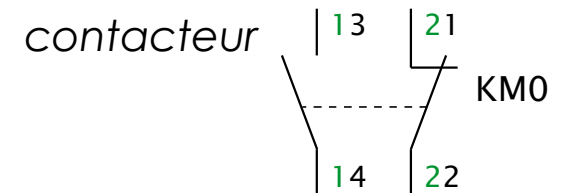
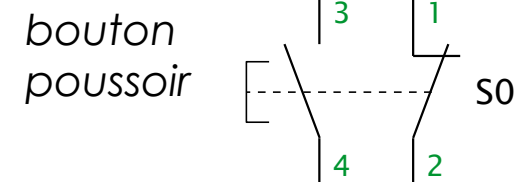
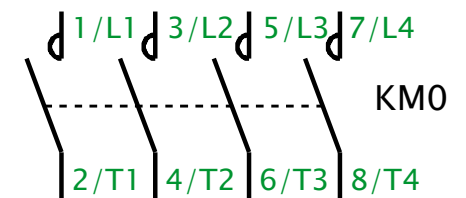
- bobine



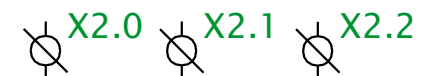
- voyant lumineux



contacteur tétrapolaire



- bornier : X n°bornier . n°pôle



E) Repérage équipotentiel des conducteurs

- ▶ Règles de numérotation (programmables en CAO)
 - **numéro identique** pour tous les conducteurs qui sont *toujours* au même potentiel
 - **incrémentation** (+1) à chaque appareil dans le sens de lecture des circuits (gauche → droite / haut → bas)
 - ▲ **circuit de puissance** : numéro précédé par une lettre-repère du type de conducteur (**L, N, PE**)
- ⊙ Inconvénient : plusieurs possibilités de câblage

F) Références croisées des symboles dégroupés

localisations par les **coordonnées au cadre du folio**

folio n°2 →  ← *colonne G, ligne 5*

- symbole maître ▶ liste des contacts esclaves
- contacts esclaves ▶ élément maître
- ▲ contacts principaux : réf. facultative si faciles à trouver

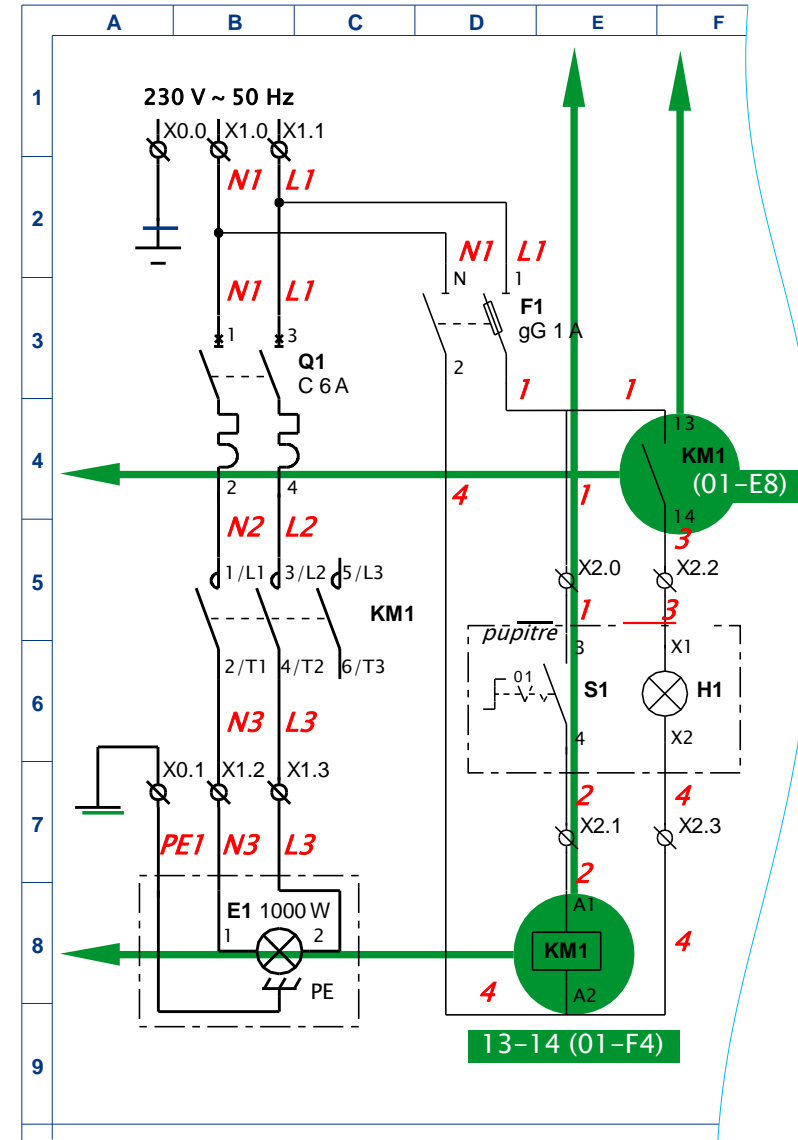


Figure 09: exemple - repérage alphanumérique

Constitution des circuits électriques industriels

1. L'armoire : a) la structure

- **Enveloppe de confinement** (à fermeture à clé)
 - protection mécanique des **circuits** contre
 - les liquides et poussières : $IP > 30$
 - les chocs : $IK > 08$
 - les dérèglages et les modifications de câblage
 - protection des **personnes** contre
 - les contacts électriques dangereux (minimum $IP > 20$)
 - les blessures sur angles vifs
- **Structure interne**
 - châssis : montants, plaque pleine ou **platine perforée**
 - fixation des appareils : **rails profilés** (35 mm)
 - circulation des conducteurs : **goulottes**, bracelets...
 - liaisons des masses : visserie à picots, raccords flexibles
 - + ventilation : motorisation éventuelle, filtrage



Figure 10: Armoire + platine de câblage

1. L'armoire : l'appareillage

4 fonctions principales : sectionnement, protection, commande, connexion
+ *transformation* (certains appareils réalisent plusieurs fonctions)

- **Sectionnement et protection électrique** (des circuits)
 - interrupteur (ou disjoncteur) –sectionneur principal
 - sectionneurs porte-fusibles, disjoncteurs
 - ▲ protection différentielle souvent externe
- **Commande** (de l'alimentation des récepteurs)
 - manuelle ▶ interrupteurs, boutons internes
 - électrique ▶ contacteurs, variateurs, automates...
- **Connexion** (des entrées/sorties de l'armoire)
 - borniers fixes ou débrochables
 - prises de courant (pour branchements internes)

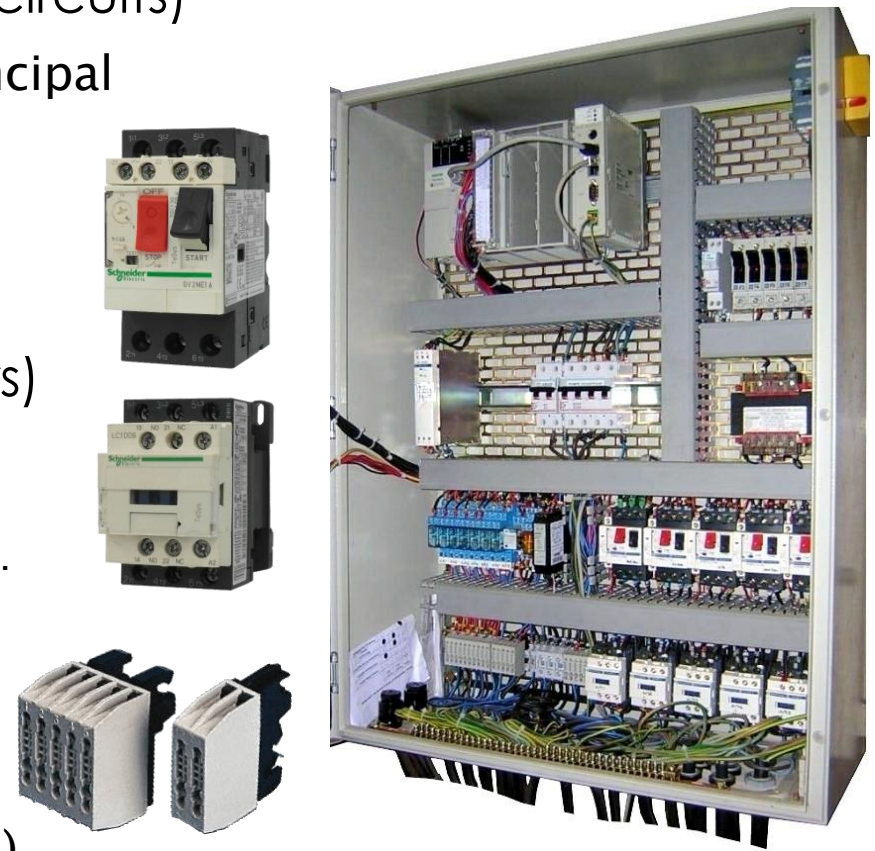


Figure 11: appareillage dans une armoire électrique

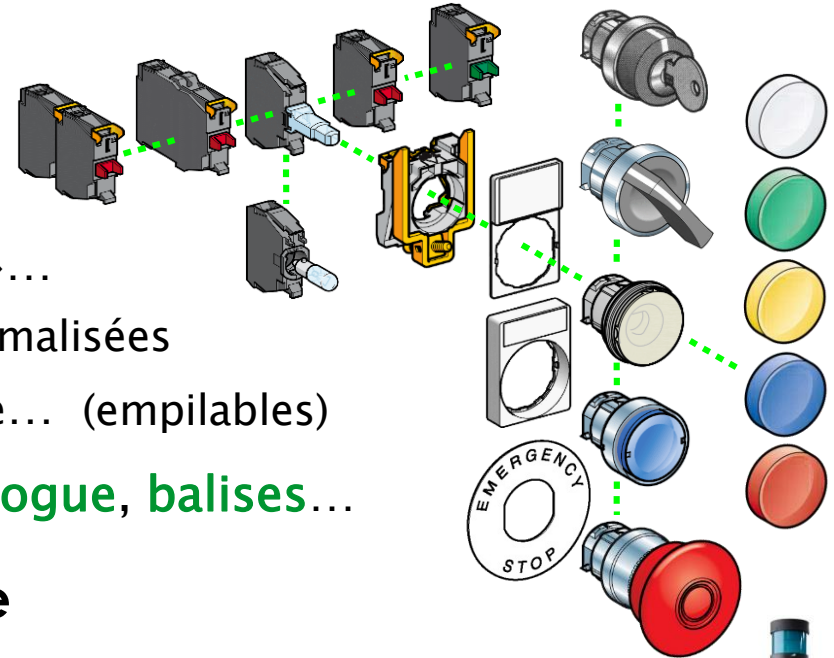
2. L'interface homme-machine (commande et signalisation)

- **Appareillage modulaire**

- **boutons et voyants lumineux**

- mécanisme : tête de voyant, bouton-poussoir, bouton tournant, « coup-de-poing »...
 - lampe : à diode, à incandescence, 5 couleurs normalisées
 - contacts (2 ou 3 emplacements) : NC, NO, double... (empilables)

- **commutateurs, compteurs, terminaux de dialogue, balises...**



- **Implantation de l'interface homme-machine**

- ▶ sur les portes et/ou les parois de l'armoire

solution économique

- liaisons courtes
 - pas d'enveloppe supplémentaire



- ▶ sur un pupitre déporté

solution ergonomique pour le pilotage du système



3. La partie opérative (PO)

- **Actionneurs** (récepteurs électriques du circuit de puissance)

- appareils d'éclairage
- résistances de chauffage
- moteurs
- électroaimant, électrode, émetteur laser...



- **Capteurs** (exploités par le circuit de commande)

- **capteurs tout-ou-rien**
 - capteurs à contact direct :
fin de course, fermeture de porte...
 - détecteurs de proximité
 - détecteurs optiques
- **capteurs analogiques et numériques**
 - ▶ traitement du signal par automate



Figure 12: exemple - rectifieuse plane

4. Les conducteurs

câblage industriel ► conducteurs multibrins souples (faciles à courber)

section (mm ²)	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4	6	10	16
intensité max. (A)	3	6	10	16	25	30	40	60	80

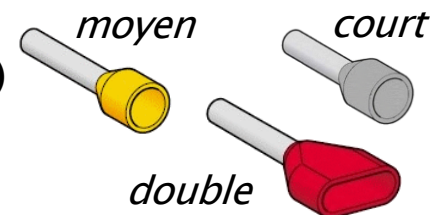
circuit de commande (rouge)

circuit de puissance (noir)

- Couleurs normalisées des fils : PE ► vert-jaune N ► bleu clair

- Connexions des extrémités des fils

- bornes à vis-étriers ► embouts de câblage à sertir (obligatoire)
- bornes à ressorts ou à déplacement d'isolant ► pas d'embouts



- Liaisons vers l'interface homme-machine

- toron de fils de commande
- bus de communication



- Liaisons vers les récepteurs et les capteurs ► câbles multipolaires

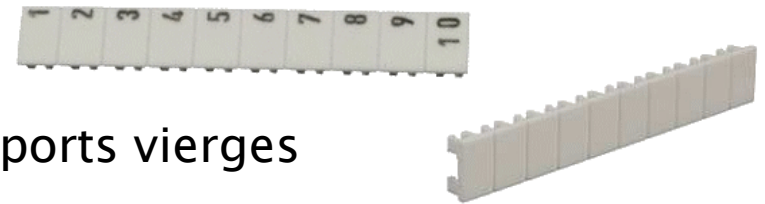


5. Le repérage interne (appareils et conducteurs)

Le **repérage interne** (conforme au schéma électrique) est **indispensable** aux interventions sur les circuits : essais, réglages, réarmements, maintenance

• Technologies de repérage

- assemblage de lettres, chiffres, nombres, signes
- gravure, impression, écriture manuelle ▶ sur supports vierges



▶ Repérage des appareils

- repères à clipser (emplacement dédié)
- repères à coller



▶ Repérage des conducteurs

- repères à enfiler



- repères à clipser



- inscriptions directes

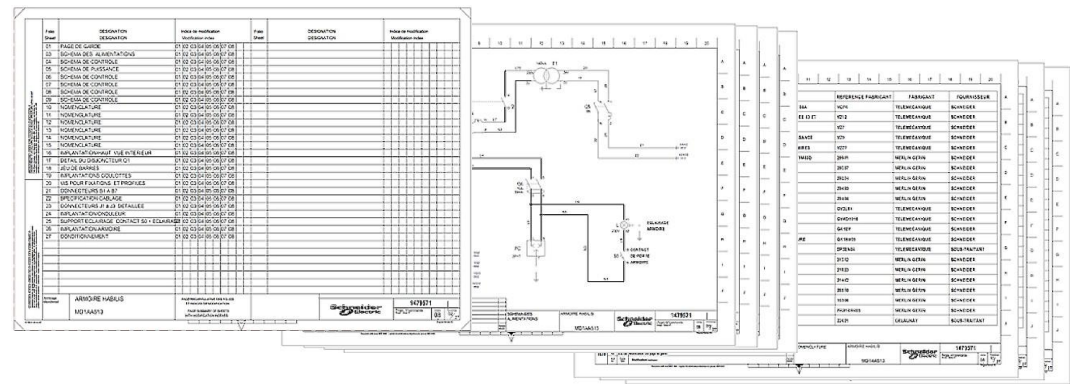


6. La documentation (dossier électrique)

Le dossier électrique doit être consultable par le personnel de maintenance

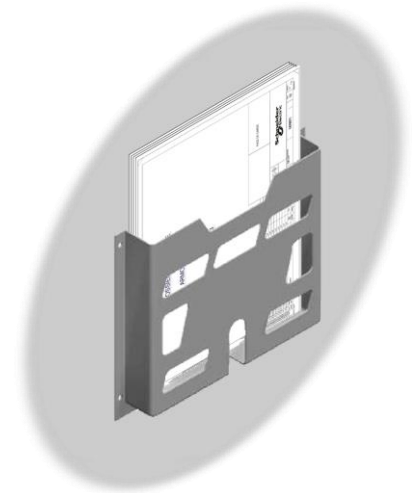
- **Constitution du dossier électrique**

- liste des folios, numérotés « n°/nb. »
- schéma développé des circuits
- nomenclature des appareils
- + carnet de câbles



- **Conservation du dossier électrique**

- « original » archivé dans les bureaux
- copie placée dans l'armoire électrique (porte-schémas) *si place disponible*



Références

1. Repérage d'un schéma.

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjwqOy7oK_tAhWuVBUIHX_xDJQQFjAQegQIChAC&url=http%3A%2F%2Fgaczyk.fr%2Flycee%2FIMG%2Fpdf%2F11-12_AT11_CE_TP_DR_Reperage_des_schemas.pdf&usg=AOvVaw0hLy86PITZujzq4PP6r-XF

2. Étude technologique et pratique du câblage des circuits électriques industriels, centre de formation kazakhstano-Français aux métiers de l'énergie, de l'électricité et de la maintenance des systèmes automatisés - Schneider Electric.