

## Laboratoire de câblage

# Étude technologique et pratique du câblage des circuits électriques industriels

✓ **Module C0** — Maîtrise des risques électriques

**Module C1** — Systèmes à démarrage direct

⇒ *Présentation n°1.1*

**Module C2** — Départs-moteurs spéciaux

**Module C3** — Relais programmables

**Module C4** — Appareils logiques de sécurité

## Présentation n°1.1 : **Introduction au module C1** [1 h.]

### I – **Déroulement du module C1**

1. Aspects pédagogiques de la formation
2. Planning des séances du module
3. Documents fournis et consultables pour les travaux pratiques
4. Déroulement des travaux pratiques
5. Programme technologique et pratique du module

### II – **Schématisation des circuits électriques industriels**

### III – **Constitution des circuits électriques industriels**

# I – Déroulement du module C1

## 1. Aspects pédagogiques de la formation

Module **C1** = initiation *technologique* et *pratique* au câblage des ***circuits électriques industriels***  
(module C2 conseillé en complément)

### ❖ Méthode pédagogique

- apprentissage entrelacé de la **technologie** et de la **pratique**
- simulation réaliste de systèmes avec des **composants industriels**
- travaux pratiques avec des **outils professionnels** de maintenance et de production

### ❖ Débouchés possibles

- ateliers de **production** (tableautiers, fabricants de machines)
- équipes de **maintenance**
- bureaux d'étude en **conception** des systèmes industriels
- services **technico-commerciaux** des fournisseurs et distributeurs de matériel

# I – Déroulement du module C1

## 2. Planning des séances du module

6 × 8 heures • 3 présentations • 5 sujets de travaux pratiques

- ❖ 1<sup>e</sup> séance :
  - Pr. n°1.1 – introduction au module C1 [1 h.]
  - TP n°1.1 – système d'éclairage à 2 zones [7 h.]
- ❖ 2<sup>e</sup> séance :
  - Pr. n°1.2 – le moteur asynchrone triphasé [1 h.]
  - TP n°1.2 – machine rotative simple [7 h.]
- ❖ 3<sup>e</sup> séance :
  - TP n°1.3 – malaxeur chauffant [8 h.]
- ❖ 4<sup>e</sup> séance :
  - TP n°1.4 – pont roulant de raclage [8 h.]
- ❖ 5<sup>e</sup> séance :
  - Pr. n°1.3 – analyse des schémas électriques [2 h.]
  - TP n°1.5 – barrière coulissante – parties A&B [6 h.]
- ❖ 6<sup>e</sup> séance :
  - TP n°1.5 – barrière coulissante – parties C&D [8 h.]

# I – Déroulement du module C1

## 3. Documents fournis et consultables pour les travaux pratiques

---

### ❖ Sujets de travaux pratiques

- **spécifications techniques** ▶ consultables dans un protège-document

- mise en situation : description du fonctionnement attendu du système
- listes des composants utilisés : appareils, consommables, outils, instruments...

- **travail demandé** ▶ 1 exemplaire par étudiant

- questionnaire en 4 parties et **tableau d'évaluation des activités pratiques** [A3]
- **schéma électrique** : circuit de puissance, circuit de commande [A4]
- **schéma d'implantation** : armoire, poste de commande [A4]
- **chronogramme d'analyse du fonctionnement** (TP n°1.4 & 1.5) [A4]

### ❖ Documents ressources ▶ consultables dans des protège-documents

- formulaire d'électrotechnique, **guide** méthodologique
- **notices techniques didactisées** des composants, outils, instruments...

# I – Déroulement du module C1

## 4. Déroulement des travaux pratiques

- Questionnaires en 4 parties (A, B, C, D)
- séances notés sur 100 points

- A – Technologie** ▶ réponses à rédiger sur feuilles séparées [≈ 1 h.]
- **découverte des appareils** : fonctionnement, intégration dans les circuits, choix, calculs de dimensionnement...
- B – Préparation du câblage** ▶ documents fournis à compléter [≈ 1 h.]
- **schéma électrique** : repérage, conception partielle
  - **schéma d'implantation** : conception partielle ou totale
- C – Réalisation du câblage** ▶ travaux sur établi [≈ 4 h.]
- **câblage complet** de l'armoire et du poste de commande
  - **vérifications** de continuité et d'isolement des phases
- D – Mise en service** ▶ avec l'enseignant  (20 min./poste) [2 h.]
- essais sous **tension de commande (24 V ~)** ▶ établi de travail
  - essais sous **tension de puissance (400 V ~)** ▶ armoire de confinement

# I – Déroulement du module C1

## 5. Programme technologique et pratique du module

Démarrage **direct** = mise en service ( **O** → **I** ) à pleine puissance « *immédiate* »

### ❖ Appareils étudiés

- protection : disjoncteurs, sectionneurs porte-fusible, relais thermique
- commande : contacteur de puissance, contacteur auxiliaire, bloc de contacts temporisés au travail
- interface : boutons-poussoirs à impulsion, bouton coup-de-poing à verrouillage, boutons tournants à positions fixes, voyants lumineux

### ❖ Outils de câblage et instruments de mesure utilisés

- dénudage et sertissage : 5 pinces spéciales d'électricien
- mesure et vérification : détecteur de tension multifonction

### ❖ Travaux sous-tension réalisés

- EPI utilisés : blouse, gants isolants, casque à écran facial, tapis isolant
- travaux : mesures, manœuvres, petites maintenances, consignations

## Présentation n°1.1 : Introduction au module **C1** [1 h.]

✓ I - Déroulement du module C1

### II - Schématisation des circuits électriques industriels

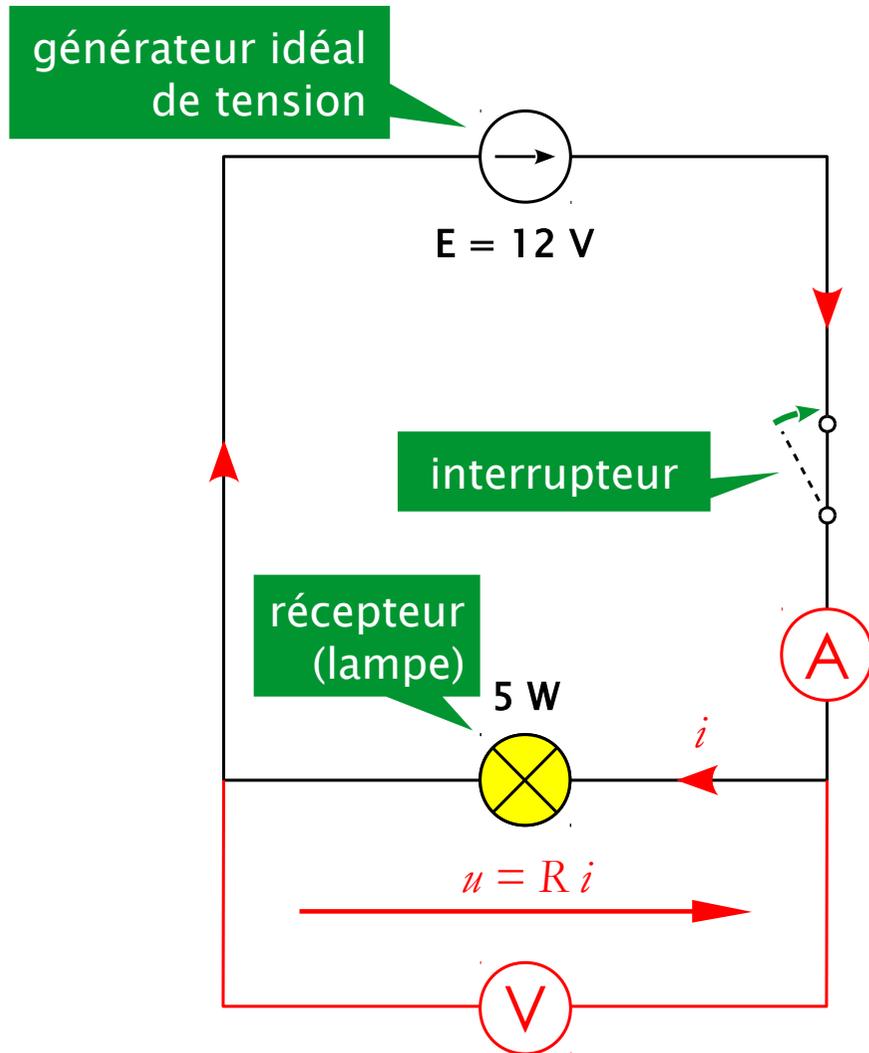
1. Exemple préliminaire : montage d'étude d'une lampe
2. Exemple : système industriel d'alimentation d'un projecteur
3. Principes de la schématisation développée (4 pages)

### III - Constitution des circuits électriques industriels



## II – Schématisation des circuits électriques industriels

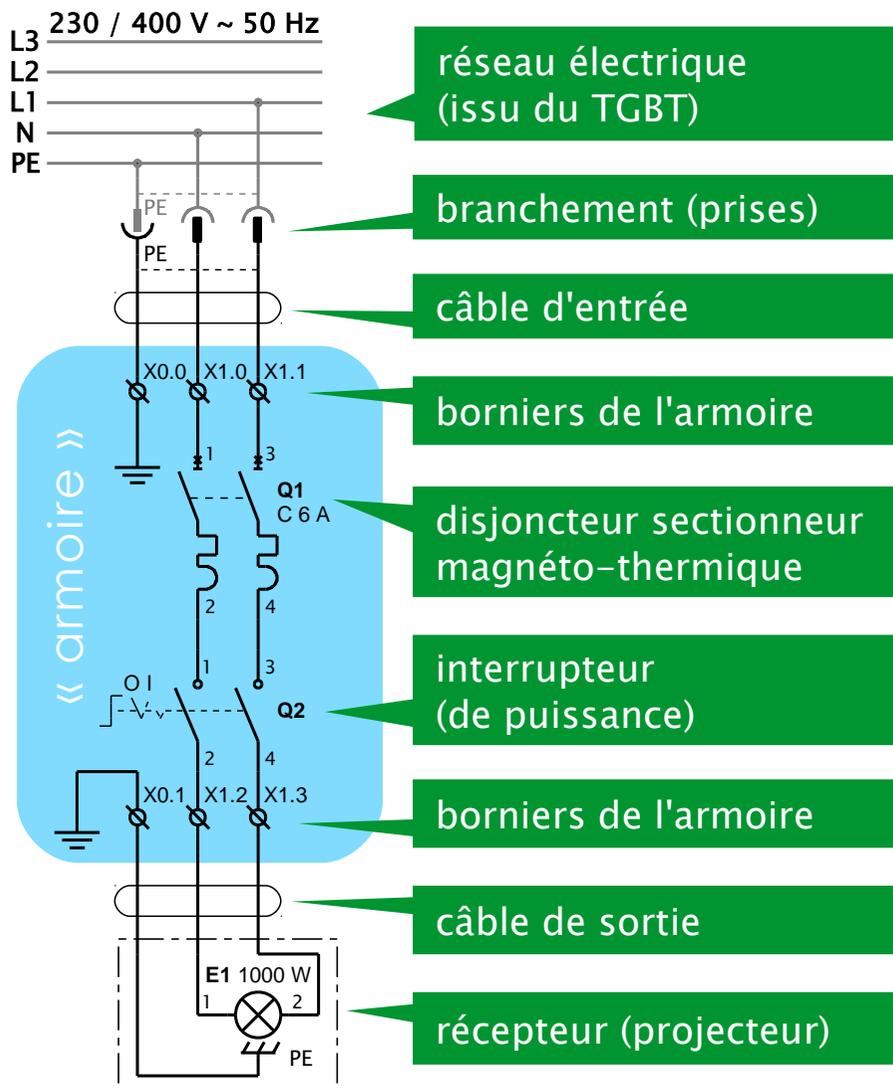
### 1. Exemple préliminaire : montage d'étude d'une lampe



- ❖ **Circuit simplifié pour l'expérimentation**
  - générateur TBTS  $\Rightarrow$  pas de protection
  - composants élémentaires et peu nombreux
  - appareils de mesure intégrés pour l'étude
  - en général, schéma sur une seule page
- ❖ **Contexte d'utilisation du schéma**
  - ▶ publications scientifiques (livres, cours...)
    - symboles pas toujours normalisés
    - texte accompagnateur
- ❖ **Application industrielle**
  - ▶ schémas simplifiés équivalents pour les calculs de dimensionnement

## II – Schématisation des circuits électriques industriels

### 2. Exemple : système d'alimentation d'un projecteur (1<sup>e</sup> variante)



#### ❖ Circuit industriel de puissance

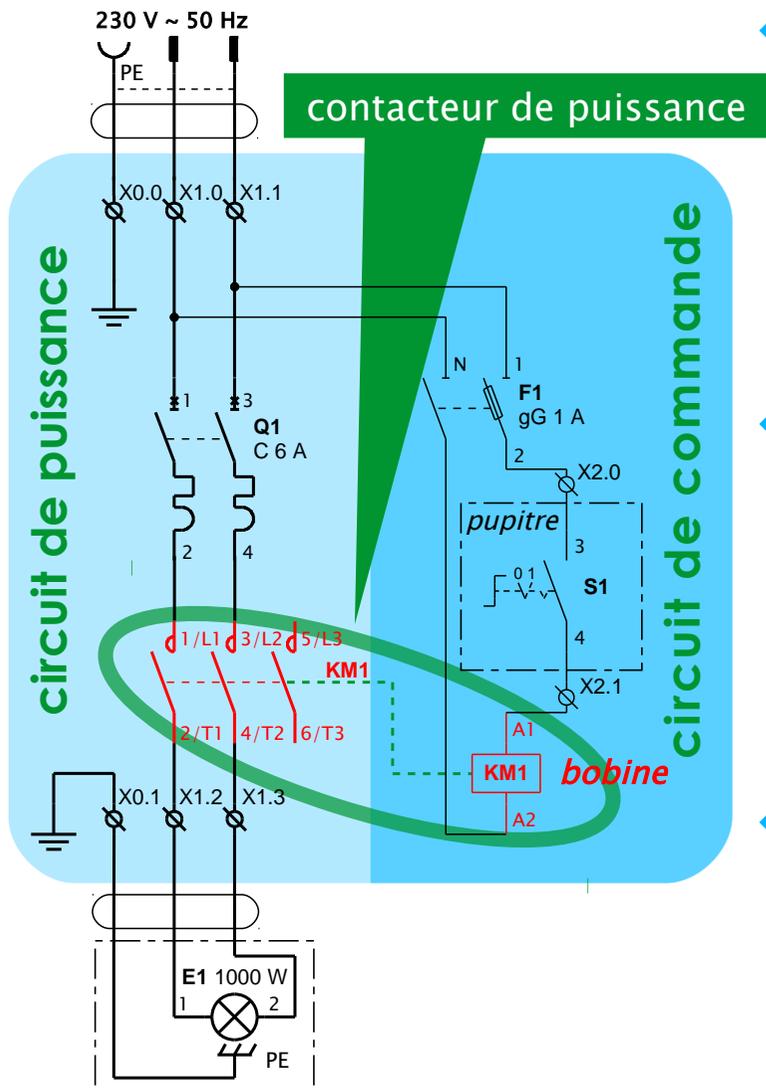
- alimentation externe  
branchement normalisé au réseau (classe I ⇒ **conducteur PE**)
- **borniers** pour les entrées/sorties
- appareils de **protection** indispensables (dimensionnés pour les récepteurs)

#### ❖ 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

## II – Schématisation des circuits électriques industriels

### 2. Exemple : système d'alimentation d'un projecteur (2<sup>e</sup> 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

## II – Schématisation des circuits électriques industriels

### 3. Principes de la schématisation développée (1/4)

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

↪ schéma

↪ symboles

↪ traits

#### A) Normalisation ▶ CEI : Commission Électrotechnique Internationale

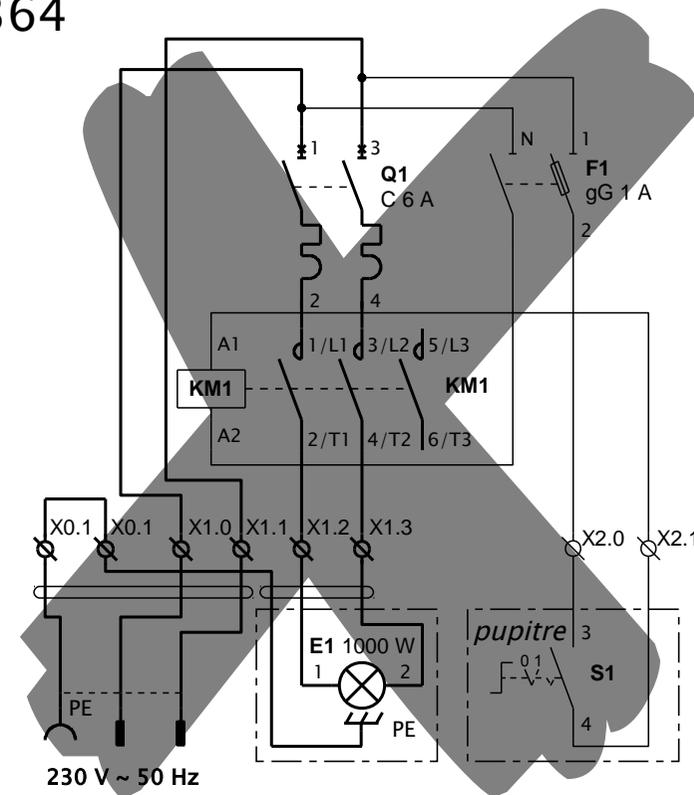
- schématisation et repérage : normes CEI 61082 et 61364
- symboles : norme CEI 60617 (13 parties)

⇒ 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)



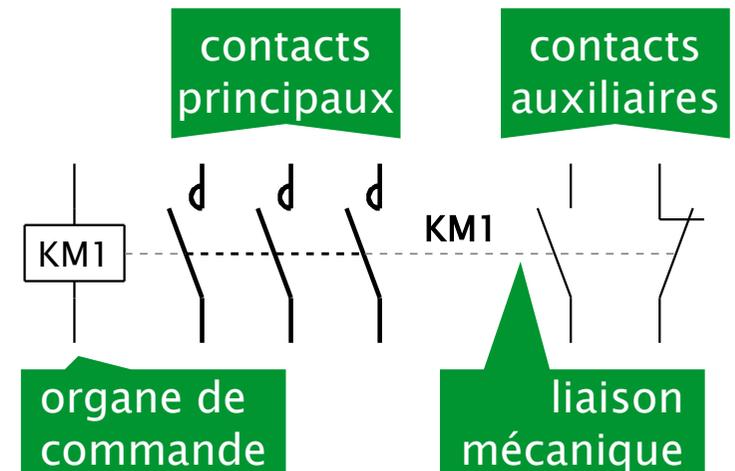
## II – Schématisation des circuits électriques industriels

### 3. Principes de la schématisation développée (2/4)

#### C) Symbolisation des appareils

- **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

exemple - contacteur tripolaire



ex. - bouton tournant  
2 positions fixes

Le schéma montre un bouton tournant à deux positions fixes, représenté par une ligne horizontale avec deux points de rotation (1 et 2) et une ligne verticale à l'extrémité.

## II – Schématisation des circuits électriques industriels

### 3. Principes de la schématisation développée (3/4)

#### D) Repérage des bornes des appareils

##### ■ contacts de puissance

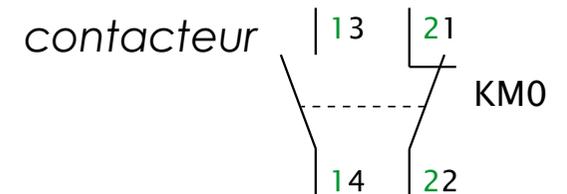
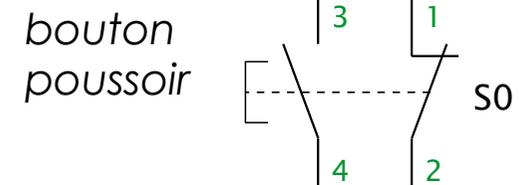
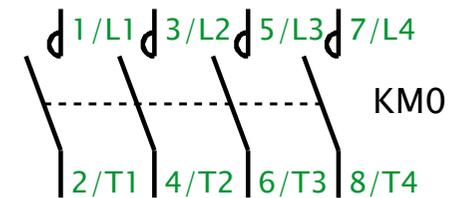
- appareil uni ou bipolaire : **simple repérage** 1 – 2 ; 3 – 4
- appareil tri ou tétrapolaires : **double repérage** 1/L1 – 2/T1 ; ...

##### ■ contacts de commande

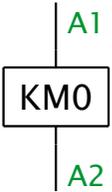
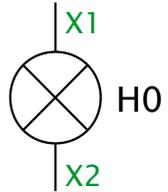
- chiffre des **unités** ▶ **fonction du contact**

	NC	NO
<b>ordinaire</b>	1 – 2	3 – 4
<b>spécial</b> (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<sup>e</sup> contact ordinaire NO

contacteur tétrapolaire



##### ■ récepteurs de commande

- bobine
 
- voyant lumineux
 

##### ■ bornier : X n°bornier . n°pôle





## Présentation n°1.1 : **Introduction au module C1** [1 h.]

- ✓ I – Déroulement du module C1
- ✓ II – Schématisation des circuits électriques industriels

### III – **Constitution des circuits électriques industriels**

1. L'armoire : structure et appareillage
2. L'interface homme-machine (commande et signalisation)
3. La partie opérative – actionneurs et capteurs
4. Les conducteurs
5. Le repérage des appareils et des conducteurs
6. La documentation (dossier électrique)
7. Solutions didactisées pour les travaux pratiques

# III – Constitution des circuits électriques industriels

## 1. L'armoire : a) la structure

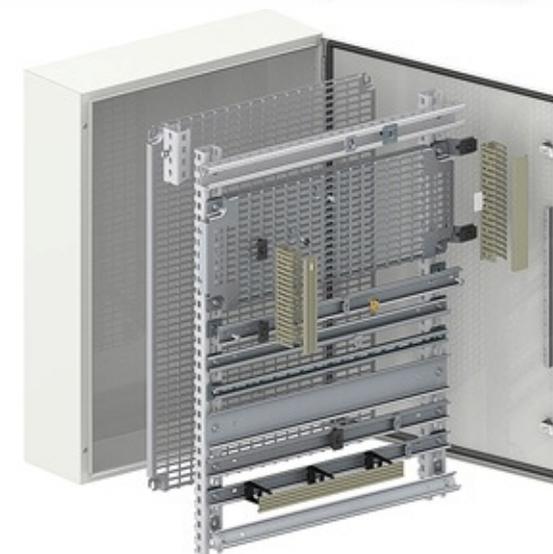
### ❖ Enveloppe de confinement (à fermeture à clé)

- 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



# III – Constitution des circuits électriques industriels

## 1. L'armoire : b) l'appareillage

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

### ❖ Sectionnement et protection électrique (des circuits)

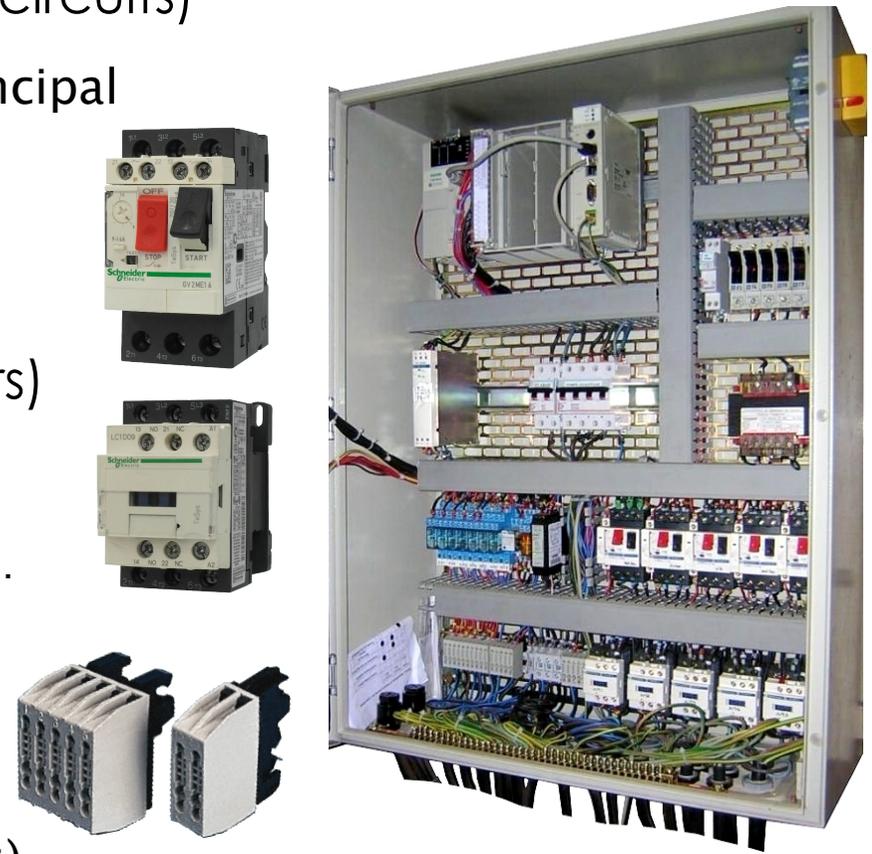
- interrupteur (ou disjoncteur) –sectionneur principal
- sectionneurs porte-fusibles, disjoncteurs
- ▲ protection différentielle souvent externe

### ❖ 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)



# III – Constitution des circuits électriques industriels

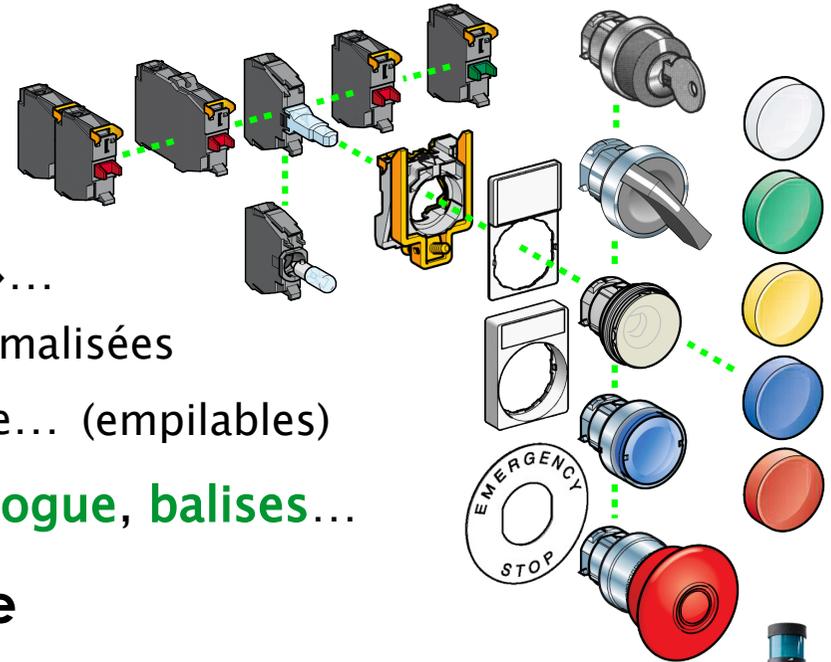
## 2. L'interface homme-machine (commande et signalisation)

### ❖ 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*



# III – Constitution des circuits électriques industriels

## 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



ex. : rectifieuse plane

# III – Constitution des circuits électriques industriels

## 4. Les conducteurs

câblage industriel ► conducteurs multibrins souples (faciles à courber)

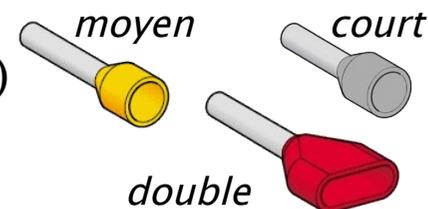
section (mm <sup>2</sup> )	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4	6	10	16
intensité max. (A)	3	6	10	16	25	30	40	60	80

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**



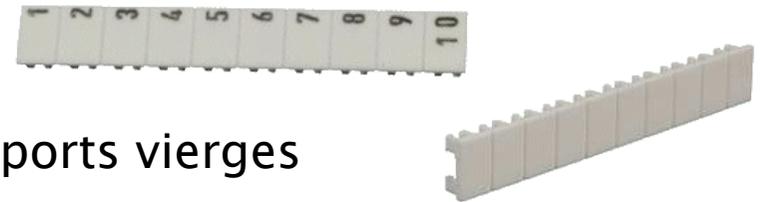
# III – Constitution des circuits électriques industriels

## 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



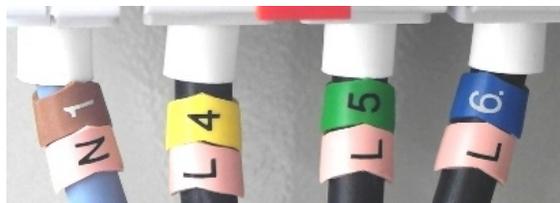
### ▶ Repérage des appareils

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



### ▶ Repérage des conducteurs

- repères à enfiler



- repères à clipser



- inscriptions directes



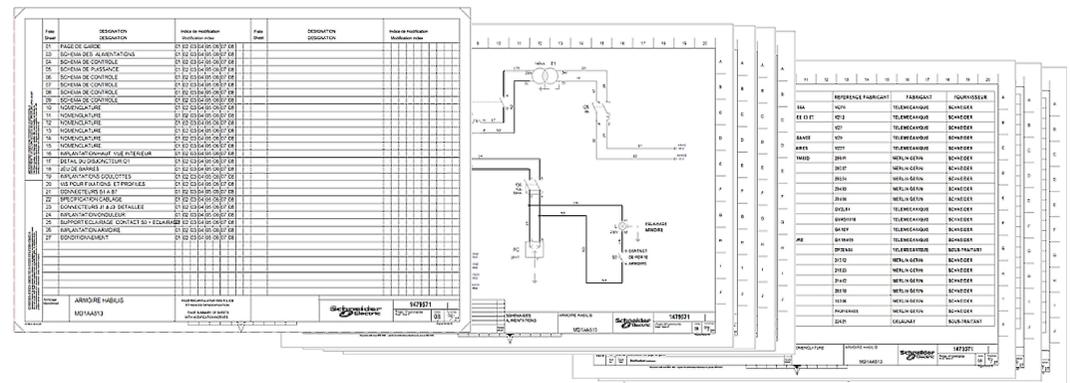
# III – Constitution des circuits électriques industriels

## 6. La documentation (dossier électrique)

Le dossier électrique doit être consultable par le personnel de maintenance

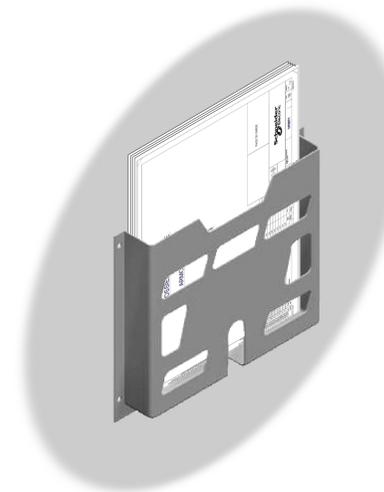
### ❖ Constitution du dossier électrique

- 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*



# III – Constitution des circuits électriques industriels

## 7. Solutions didactisées pour les travaux pratiques

établi de câblage didactisé



**câblage**  
**essais de commande**  
(24 V ~)



armoire de confinement didactisée



**essais de puissance**



boîtier de commande et de signalisation (IHM)



boîtier de simulation de capteurs

**connexions externes**



boîte spéciale d'alimentation de puissance (400 V 3 ~)



cordons de sécurité mixtes



moteur didactisé 750 W avec frein à poudre

**récepteurs**



simulateur de récepteurs résistifs (lampes 40 W)