

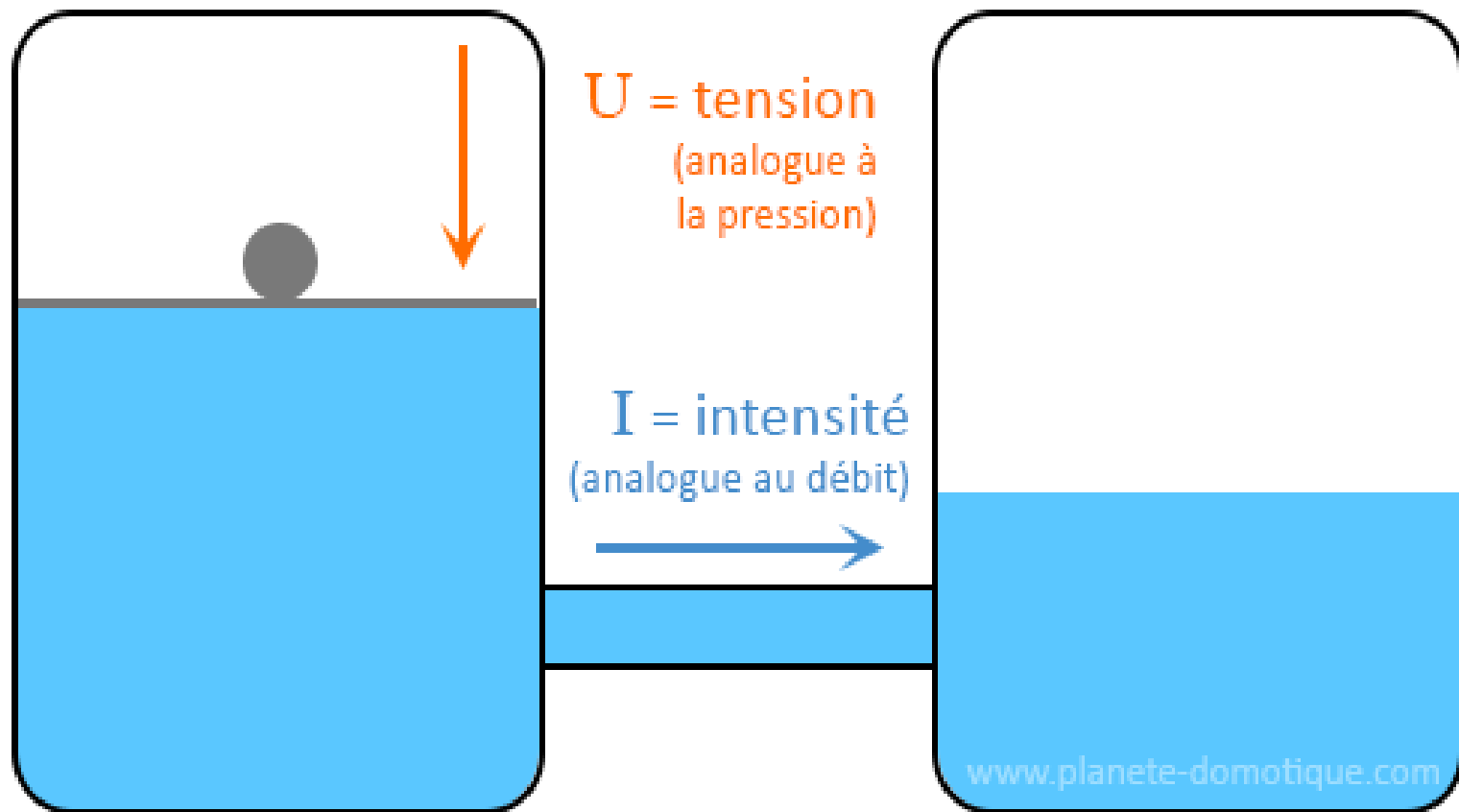


TENSION, INTENSITE ET RESISTANCE

Jean-Luc GUINCHARD

- Un courant électrique, c'est un déplacement d'électrons, des particules chargées négativement. Mais ce n'est vrai que dans les métaux ! Car l'électricité n'est pas nécessairement transmise par des électrons.
- Dans votre corps ou dans une batterie, c'est ce que l'on appelle des ions (Chargés positivement). Nous ne détaillerons pas le principe en physique moléculaire, mais il s'agit bien d'un phénomène qui peut être mesuré.
- En ce qui concerne la qualification d'un courant électrique, les valeurs qui rentrent en jeu sont les suivantes :
- **La tension électrique**, mesurées en volts (symbole V) et notée U, décrit la quantité d'électricité. Exemple : 230 V (tension du courant électrique au secteur en France), 12 V
- **L'intensité électrique**, mesurée en ampères (symbole A) et notée I, indique le mouvement de cette électricité. Exemple : 100 A pour un démarreur automobile, 1 A pour une ampoule à incandescence, 500 mA pour une petite alimentation électrique.
- Pour visualiser ces unités de mesure, il est fréquent de comparer le déplacement électrique à celui d'un fluide : **la tension correspond à la pression d'eau** présente dans le tuyau, tandis que **l'intensité correspond au débit**.

« 6 240 000 000 000 000 000 électrons par secondes »



Analogie entre l'électricité
et un montage hydraulique

N.B. : en raison de leur unité de mesure, la tension est parfois appelée « voltage » et l'intensité est parfois appelée « ampérage ». Ces termes ne sont pas officiels mais ils restent assez courants.

Étroitement liée à la notion d'intensité, il y a la notion de résistance. La résistance, notée R , s'exprime en Ohms (symbole : Ω) et détermine la capacité d'un circuit ou autre composant à ralentir le passage du courant. Ainsi, sur un circuit très conducteur, la résistance est proche de 0Ω . Deux éléments qui ne sont pas en contact auront une résistance approchant l'infini.

La formule indiquant la relation entre la puissance est la Loi d'Ohm : $U = R \times I$ (tension égale au produit de la résistance et de l'intensité).

Pour poursuivre l'analogie avec un montage hydraulique, la résistance correspondrait à une turbine située dans notre tuyau, et diminuant donc le passage du débit.

Lorsqu'un courant traverse le corps humain (composé d'environ 75 % d'eau), celui-ci agit comme une résistance.

La résistance du corps humain, est variable selon :

- les personnes,
- l'humidité de la peau,
- et aussi le circuit qu'emprunte le courant dans le corps.

En moyenne, le corps humain présente une résistance de l'ordre de 3 à 5 k Ω .

D'après la formule ci-dessus, on voit donc qu'avec une tension de 12V, le corps sera traversé par une intensité de 2.5mA (non dangereux). Par contre avec une tension de 230V, on arrive à une intensité de 45mA qui peut être dangereuse.

Le courant qui traverse le corps humain est dangereux suivant son intensité :

- à 0,5 mA : c'est le seuil de perception : ça chatouille comme on dit
- à 10 mA : contractions musculaires, seuil de non lâcher : maximum 3-4 minutes
- à 30 mA : seuil de la paralysie respiratoire : maximum 20-30 secondes
- à 75 mA : seuil de fibrillation cardiaque irréversible : maximum 2 à 5 secondes
- à 1000 mA : arrêt cardiaque : maximum 30 à 100 ms

Il faut bien noter que dans tous les cas, quelque soit la capacité d'une alimentation elle ne délivrera que le courant nécessaire à la charge qui lui est connectée.

Par exemple, une batterie 12V de voiture de 50A ne sera pas pour autant mortelle pour une personne qui touchera les bornes + et -, puisque le corps humain ne consommera que 2 ou 3mA.

Autre exemple, si vous avez une box domotique qui consomme 12V / 500mA, vous pouvez sans problème l'alimenter avec une alimentation de 12V / 5A.

COURANT ALTERNATIF ET COURANT CONTINU

Avant d'aller plus loin, abordons la notion d'AC/DC... il ne s'agit pas du groupe de hard rock, mais de la description de deux types de courant : courant alternatif (AC ou CA) et courant continu (DC pour Direct Current, ou CC).

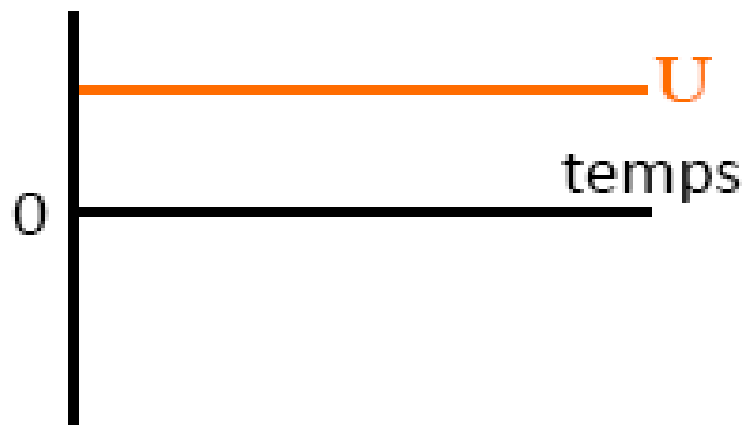
Cette notion de AC ou DC est généralement indiquée juste après la tension, pour indiquer ce qu'une alimentation délivre ou le type d'alimentation électrique dont un appareil à besoin : il y a par exemple un courant alternatif 230 VAC pour le courant au secteur en sortie d'une prise électrique, et un courant continu de 12 VDC pour une alimentation d'un petit appareil.

Dans un **courant continu**, les charges électriques ne vont que dans un **seul sens**, du [-] vers le [+], tandis que dans un **courant alternatif**, le **sens des charges change** très régulièrement.

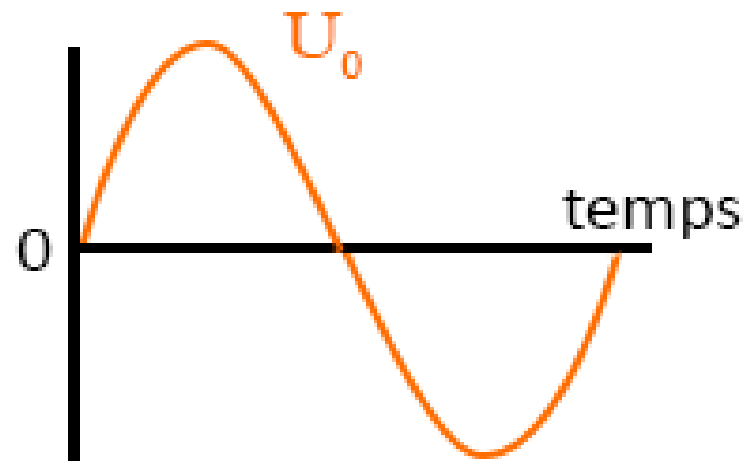
Un courant alternatif est donc défini par sa tension mais également par sa fréquence, à savoir le nombre de fois que les charges changent de sens.

Cette fréquence est de 50 Hz dans la plupart des pays, y compris la France, et de 60 Hz aux États-Unis. Vous constaterez sur la plupart des alimentations la mention 50/60 Hz, indiquant qu'elles acceptent les deux fréquences.

Courant continu et courant alternatif



Courant continu (DC)



Courant alternatif (AC)

PUISSANCE REELLE et PUISSANCE APPARENTE

Une autre notion indispensable est la puissance électrique. La puissance est exprimée en watts (symbole : W) et elle est notée P. C'est le produit de la tension par l'intensité ($P = U \times I$), et comme elle prend en compte la quantité et le mouvement d'électricité, elle permet d'indiquer l'énergie fournie en une seconde par le circuit électrique.

$$P = U \times I$$

Puissance
en watts (W)

Tension
en volts (V)

Intensité
en ampères (A)

exemple :

$$60 \text{ W} = 12 \text{ V} \times 5 \text{ A}$$

N.B. : c'est la formule correspondant au cas de figure le plus simple, le courant continu où la tension ne varie pas. Dans le cas d'un courant alternatif, des formules plus complexes entrent en jeu, et cette formule permet de calculer la puissance apparente.

Cette notion de puissance apparente explique qu'en courant alternatif, pour avoir une mesure précise de la puissance consommée, il faut avoir une mesure précise de la tension.

Suivant le type de charge, il peut en effet y avoir un décalage entre la tension et l'intensité (charge inductive). La puissance est alors totalement dépendante de la mesure de tension.

Vous n'aurez pas ce problème sur une charge résistive (comme un radiateur), mais vous pouvez l'avoir sur un moteur (machine à laver, volet...)

Voici un ordre de grandeur des puissances présentes dans des objets du quotidien :

- Chargeur de téléphone : 5 W
- Appareil électrique (TV, imprimante...) en veille : 5 à 10 W
- Réfrigérateur : 200 W
- Air conditionné : 400 W
- Ordinateur en fonctionnement avec moniteur LCD : 80 W
- Box ADSL (puissance variable d'une box à l'autre) : 25 W
- Lampe avec ampoule à économie d'énergie : 10 W
- Lave-vaisselle : 1200 W
- Lave-linge : 2500 W
- Four classique : 2000 à 2500 W
- Chauffage électrique : 1000 W à 2000 W

Vous trouverez parfois une puissance exprimée en voltampères (VA) : il s'agit de la puissance apparente. Là où le watt permet de mesurer la puissance réelle (puissance active) et dépend donc de différents facteurs, le voltampère permet d'exprimer la puissance apparente, soit la valeur maximale de puissance pouvant être prise.

On retrouve notamment cela sur les Onduleur (VA) !

La formule pour la puissance [$P = U \times I$] indiquée ci-dessous est toujours valable pour calculer la puissance apparente, quelles que soient les particularités du circuit mesuré.

En passant en Volt Ampère, dans certains cas, on utilise un Coefficient appelé « Cos Phi ». C'est pour cela qu'un Onduleur de 300 VA ne supportera pas une charge de 300W, mais un peu moins en fonction du coefficient. Ce coefficient dépend du type d'installation etc...

Pour un circuit en courant continu (DC), la puissance réelle est égale à la puissance apparente. Le voltampère n'est donc pertinent que pour les circuits en courant alternatif (AC).

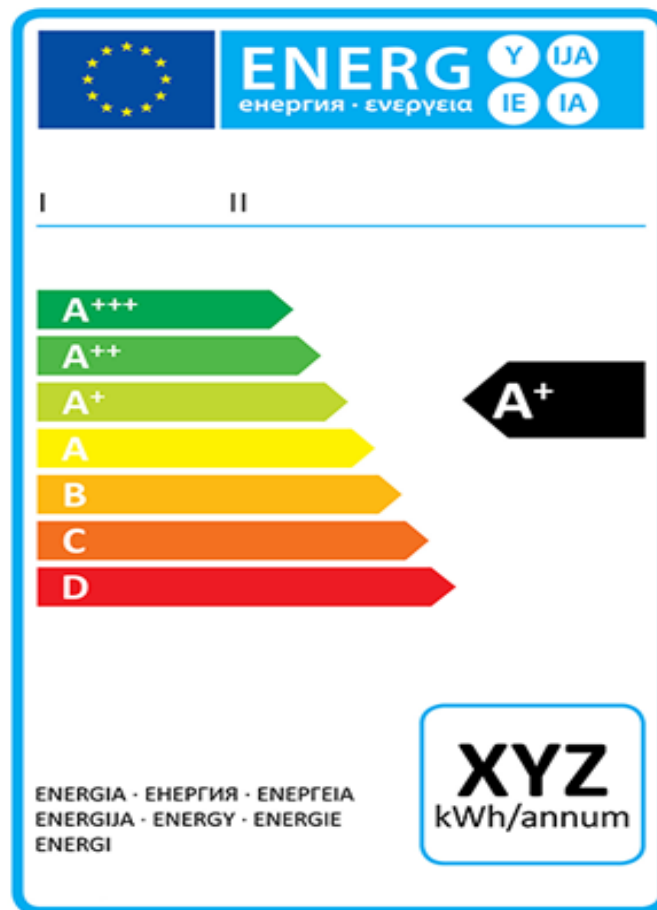
ENERGIE ELECTRIQUE / CONSOMMATION

En lien direct avec la puissance, nous trouvons l'énergie électrique en elle-même, pour mesurer une énergie stockée ou transférée. Lors de la mesure d'une consommation ou une production d'électricité, c'est toujours l'énergie qui est mesurée.

L'unité officielle du système international est le joule (J), mais pour l'électricité c'est généralement le kWh (kilowatt-heure) qui est utilisé. 1 kilowatt-heure est égal à 3,6 millions de joules, il est donc simple de voir pourquoi le kwh est bien plus commode pour évoquer l'énergie électrique avec le kWh.

Comme son nom l'indique, le kWh est l'énergie consommée par un appareil de 1000 watts (= 1 kilowatt) pendant 1 heure. C'est notamment cette unité qui est utilisé par les prestataires de distribution électrique pour nous facturer

En France, la consommation moyenne d'électricité par habitant était de 7 344 kWh pour l'année 2012. La consommation est devenu un peu le nerf de la guerre pour l'achat d'électroménager, c'est ainsi que les produits neufs présentent aujourd'hui une étiquette-énergie indiquant leur efficacité énergétique, et une estimation de l'énergie consommée en un an (en kWh/an sur l'étiquette).



CAPACITE d'une BATTERIE ou d'une PILE

Enfin, sur les appareils de type pile, batteries, etc., nous retrouvons souvent une autre unité : Ah, l'ampère-heure. C'est la quantité de charges électriques qui peut être délivrée en un temps donné.

Autrement dit, c'est la capacité de la batterie à fournir de l'électricité pendant un certain temps et selon l'intensité demandée.

Tout comme le kilowatt-heure a une correspondance avec le joule, l'ampère-heure correspond avec le coulomb (C), mais il est préféré pour l'usage grand public. Sur les batteries, nous rencontrons plus régulièrement des valeurs exprimées en mAh.

.

Concrètement, si une batterie a une capacité de 10 000 mAh (soit 10 Ah) :

une charge demandant 10 ampères pourra être alimentée par cette batterie pendant 1 heure,

OU une charge demandant 5 A pourra être alimentée pendant 2 heures,

OU une charge demandant 2 A pourra être alimentée pendant 5 heures,
etc.

Capacité batterie en mAh

RESUME

NOM	Unité de Mesure	Définition	Exemple de contexte
<i>TENSION</i>	volt (V)	Quantité de courant électrique	Electricité au secteur
<i>INTENSITE</i>	Ampère (A)	Débit du courant électrique	Intensité acceptée sur un compteur électrique: 50A
<i>RESISTANCE</i>	Ohm ()	Retenue du passage du courant	Une résistance dans un circuit électrique peut aller de 0,01 Ohm à plusieurs mégahoms
<i>PUISSANCE REELLE</i>	Watt (W)	Energie fournie par seconde	Une ampoule 60W, un chauffage 2000W
<i>PUISSANCE APPARENTE</i>	Voltampère (VA)	Courant alternatif uniquement: Puissance maximale possible	Une alimentation ondulée avec une puissance apparente de 600VA, et une puissance maximale de 360W
<i>ENERGIE ELECTRIQUE</i>	Kilowatt-Heure (kWh)	Energie transmise	Une consommation annuelle de chauffage de 3000kWh par foyer
<i>CHARGE DELIVRABLE</i>	Ampère-heure (Ah)	Charge pouvant être délivrée en 1 heure par l'appareil	Un smartphone avec une batterie de 2600mAh, une batterie de secours de 10 000 mAh

$$P = U * I$$

$$U = R * I$$

LES DISPOSITIFS DE PROTECTION

Une installation électrique doit être en mesure d'assurer la protection des conducteurs, des équipements, et des personnes. Différents organes de protection sont disponibles : nous abordons ici les cas du fusible, du disjoncteur et du dispositif différentiel.

LE FUSIBLE

Le fusible est un objet qui a pour rôle d'assurer la sécurité d'une installation en interrompant la circulation du courant électrique. Lorsque l'intensité qui traverse cet élément est supérieure à une valeur donnée, il ouvre le circuit en se détruisant par une fusion du filament conducteur qui le compose (d'où son nom de fusible). La section du filament est calculée en fonction de l'intensité maximale du courant à laisser passer. En effet, la section des câbles dépend de l'intensité du courant à transporter : plus un courant est important, plus le fil conducteur doit avoir une section élevée si l'on ne veut pas qu'il fonde. La norme NF C 15-100 donne les sections que doivent avoir les conducteurs en fonction du courant assigné.

Il existe essentiellement trois types de fusibles :

- les fusibles à usage général (gG) qui offrent une protection contre les surcharges et les court-circuits et qui sont couramment utilisés dans les applications domestiques ;
- les fusibles accompagnement moteur (aM) utilisés pour la protection des court-circuits uniquement en cas de forts courants de pointe (en présence de moteurs par exemple ou de primaires de transformateur) ; ils sont par exemple utilisés pour protéger les climatiseurs ;
- les fusibles à fusion ultra rapide qui permettent la protection des semi-conducteurs.

Remarquons que les fusibles ne sont pas adaptés pour la protection des personnes, que par ailleurs seul un dispositif différentiel adapté permet d'assurer.



LE DISJONCTEUR

Le disjoncteur a pour vocation la protection des conducteurs et des équipements.

C'est un dispositif capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans des conditions normales, mais aussi dans des conditions de surcharge et/ou de court-circuit.

Sa différence avec un interrupteur est qu'il peut ouvrir un circuit traversé par un courant très grand (c'est-à-dire de l'ordre de 1000 A), ce qu'un interrupteur ne peut pas faire : il a un fort pouvoir de coupure.

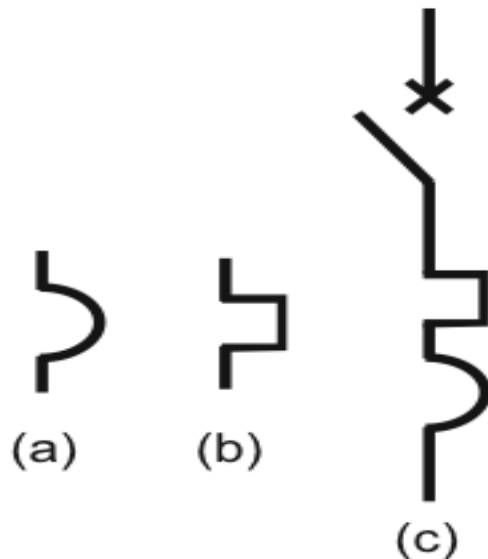
Il remplace de plus en plus le fusible, en particulier parce qu'il ne se détruit pas lors de l'ouverture du circuit : c'est un dispositif réarmable.

Il existe plusieurs types de disjoncteurs :

le disjoncteur magnétique, qui assure la protection contre les court-circuits ;

le disjoncteur thermique, qui assure la protection contre les surcharges ;

le disjoncteur magnéto-thermique, qui cumule les deux fonction et assure la protection contre les court-circuits et contre les surcharges. C'est ce type de disjoncteurs qui équipe nos tableaux électriques domestiques.



Élément de protection magnétique (a), thermique (b) et disjoncteur muni d'un déclencheur sur surcharge (thermique) et court-circuit (magnétique) (c)





LE DISPOSITIF DIFFERENTIEL à COURANT RESIDUEL

Dans une installation monophasée ou triphasée, un dispositif différentiel à courant résiduel (DDR) est un appareil de protection des personnes dont la fonction est de comparer les intensités traversant les fils de phase et de neutre.

En cas de différence, il coupe immédiatement le courant. En effet, si l'on prend l'exemple d'une installation monophasée domestique, le courant électrique qui arrive dans un récepteur par le fil de phase doit ressortir dans sa totalité par le fil de neutre.

De fait, si le courant dans le conducteur de phase au départ d'un circuit électrique est différent de celui du conducteur neutre, c'est qu'il y a une fuite de courant : un défaut électrique.

Le DDR peut être un interrupteur ou un disjoncteur.

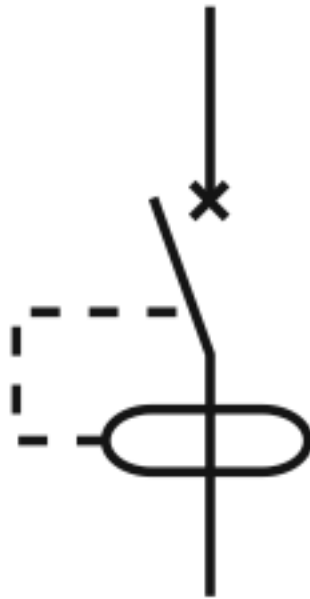
La différence entre ces deux dispositifs réside essentiellement dans leurs pouvoirs de coupure (noté PdC sur le dispositif) : un disjoncteur peut couper des courants bien plus élevés qu'un interrupteur.

En effet, un interrupteur peut couper un courant équivalent à sa valeur nominale quand un disjoncteur peut couper des courants bien plus élevés que celle-ci : par exemple, un interrupteur différentiel de courant nominal 40 A ouvrira un circuit dans lequel circule environ 40 A mais pas beaucoup plus, tandis qu'un disjoncteur différentiel de même valeur nominale s'ouvrira sous des courants de 3000 A, voire de 6000 A.

De fait, un interrupteur différentiel n'est pas capable de protéger d'un court-circuit, ce dernier risquant de détruire ses contacts.

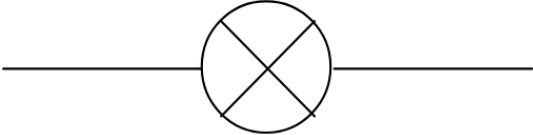
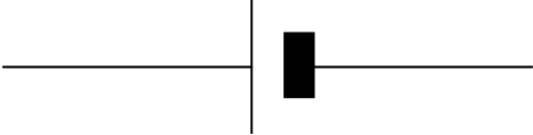
La différence d'intensité du courant à laquelle réagit un disjoncteur est appelée la sensibilité différentielle du disjoncteur, notée $I \Delta n$.

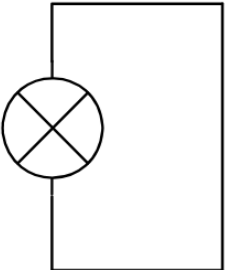
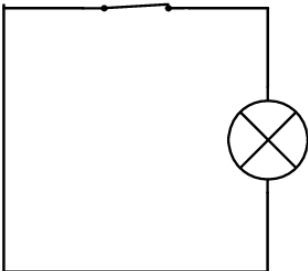
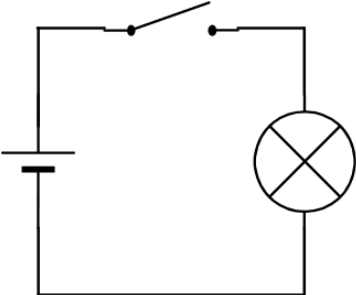
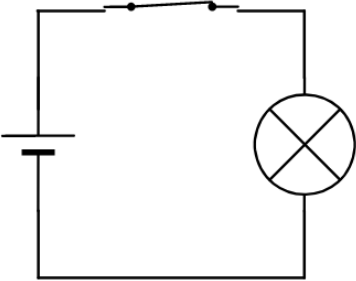
Elle est obligatoirement de 30 mA sur les circuits terminaux domestiques, mais il peut y avoir d'autres sensibilités suivant les applications.



Symbole électrique du disjoncteur différentiel

Quelques symboles électriques.

Nom	Symbole
Fil de connexion	
Lampe	
Pile (générateur)	
Interrupteur ouvert	
Interrupteur fermé	

SCHEMA	MATERIEL	OBSERVATION
	Lampe 1 fil	La lampe est éteinte
	Lampe Interrupteur 2 fils	La lampe est éteinte
	Lampe Interrupteur Générateur 3fils	La lampe est éteinte
	Lampe Interrupteur Générateur 3fils	La lampe est allumée

Conclusion :

La présence d'un **générateur électrique** dans un circuit est **indispensable** pour qu'un courant électrique circule.

Pour qu'un **courant circule**, il faut de plus que le **circuit** soit **fermé**. Il n'y a **aucun courant** si le **circuit** est **ouvert**.

LE MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE

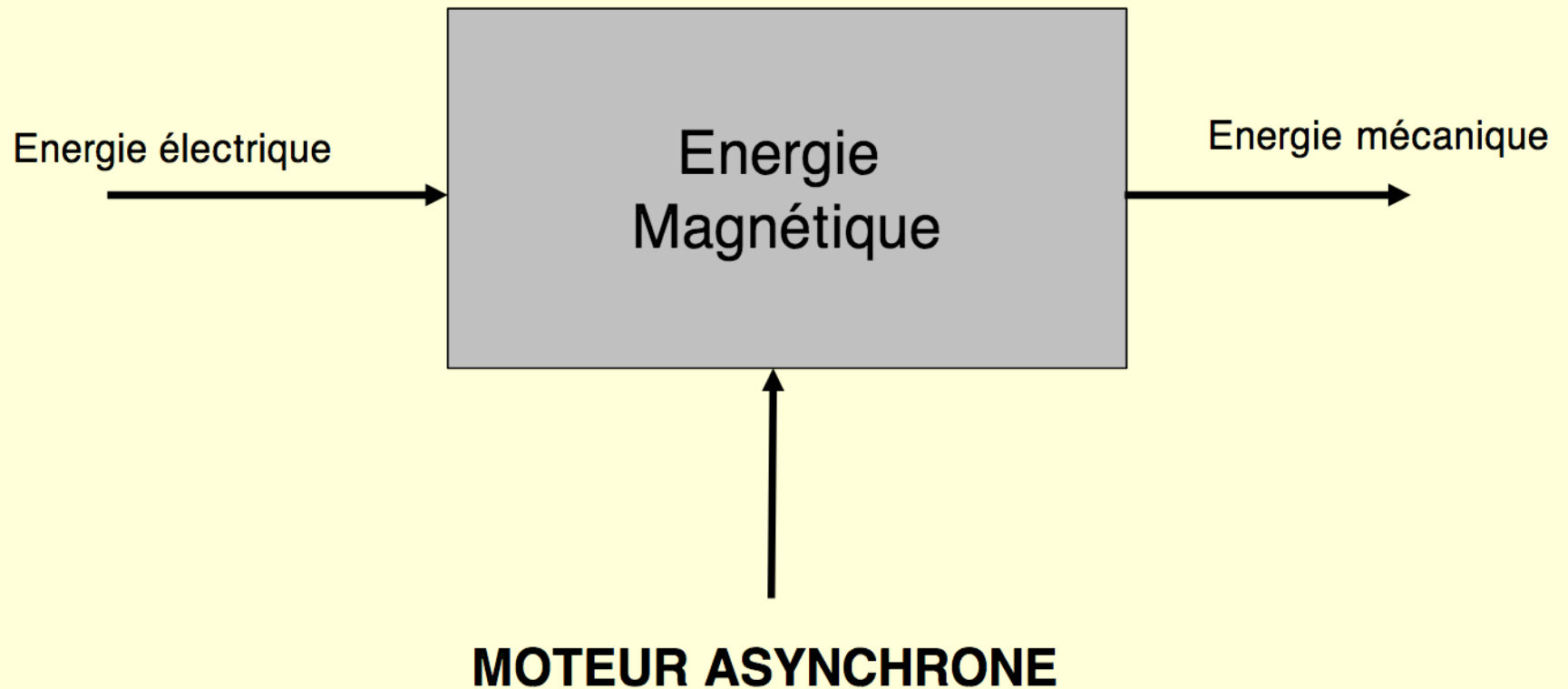
LE MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE

- Les moteurs asynchrones triphasés représentent plus de 80 % du parc moteur électrique. Ils sont utilisés pour transformer l'énergie électrique en énergie mécanique grâce à des phénomènes électromagnétiques.

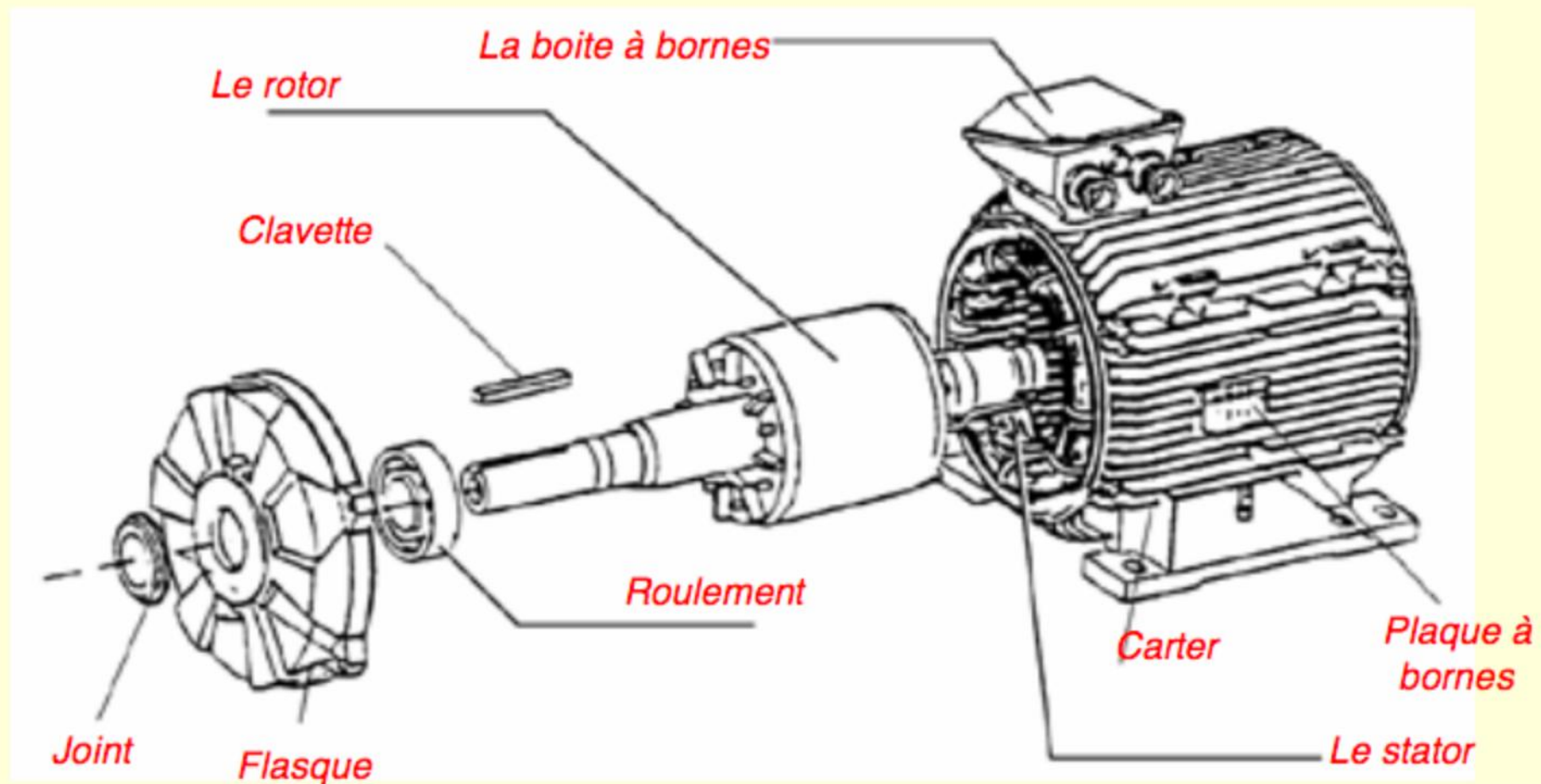
C'est une machine robuste, économique à l'achat et ne nécessitant que peu de maintenance. De plus, la vitesse de rotation est presque constante sur une large plage de puissance.



1. Schéma de principe

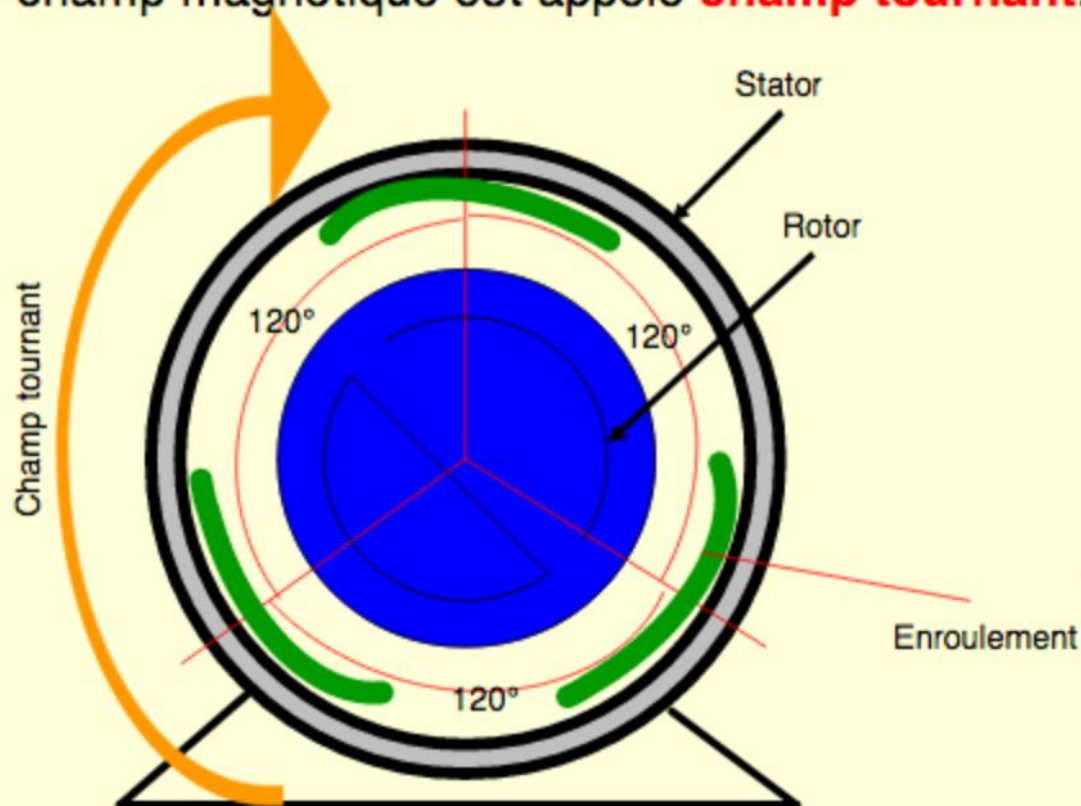


2. Constitution



3. Principe de fonctionnement

- Le **stator** supporte trois enroulements, décalés de 120° , alimentés par une tension alternative triphasée.
- Ces trois bobines produisent un **champ magnétique** variable qui a la particularité de tourner autour de l'axe du stator suivant la fréquence de la tension d'alimentation, ce champ magnétique est appelé **champ tournant**.



Le champ tournant (statorique) vient induire des courants dans le **rotor**

Leur interaction entraîne la rotation du rotor à une fréquence légèrement inférieure à celle du champ tournant.

4. Plaque signalétique

Constructeur

Classe d'Isolament

Référence moteur

Service

N° de série

Masse

Intensité nominale

Facteur de puissance

Puissance utile

Vitesse de rotation

Fréquence de la tension du réseau

Couplage en fonction de la tension réseau

Indice de protection

*** LEROY-SOMER** MOT. 3 ~ LS 80 L T
N° 734570 BJ 002 kg 9
IP 55 I cl.F 40°C S1

	V	Hz	min ⁻¹	kW	cos φ	A
Δ 220	50	2780	0,75	0,86	3,3	
Y 380	50	2800	0,75	0,83	1,9	
Δ 230	50	2800	0,75	0,83	3,3	
Y 400	50	2825	0,75	0,80	1,9	
Δ 240	50	2825	0,75	0,80	3,3	
Y 415	**				1,9	

D0165

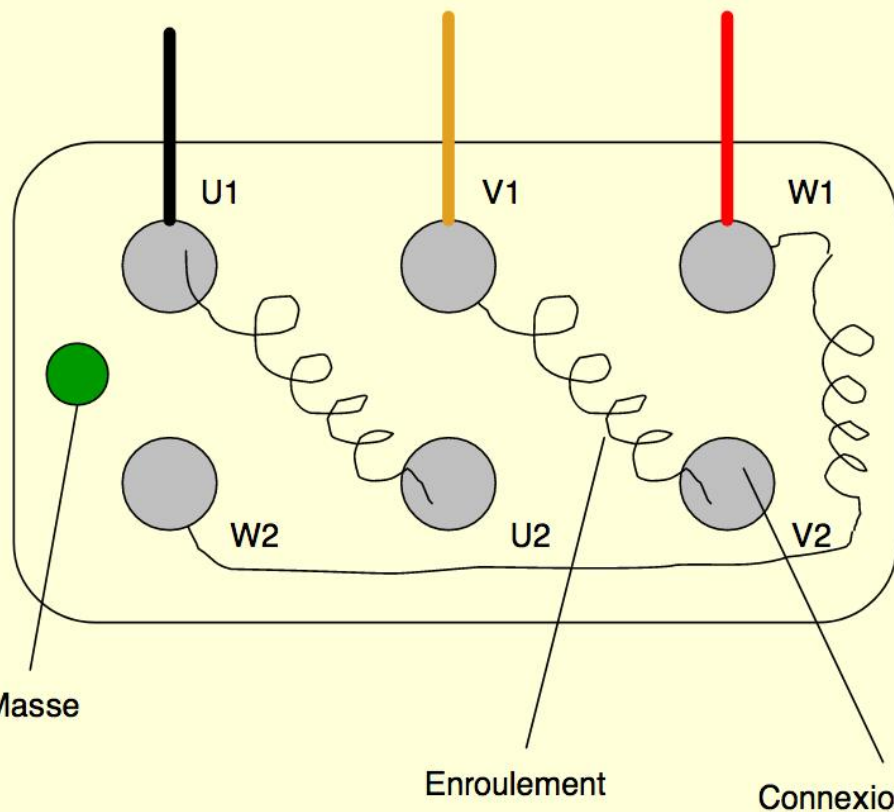
IEC 34-1(87)

MOTEURS LEROY-SOMER

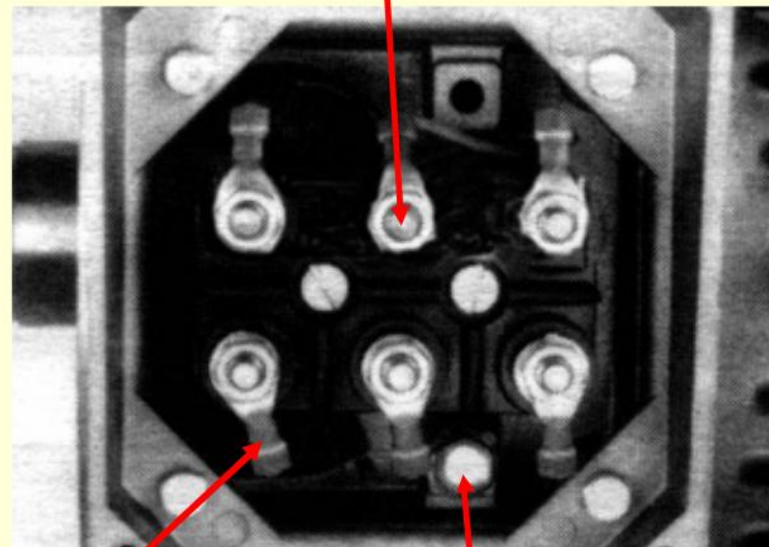
5. Plaques à bornes

C'est sur la plaque à bornes située dans la boîte à bornes, que sont raccordés les enroulements du moteur.
C'est également sur cette plaque que vient de raccorder l'alimentation du moteur.

Alimentation



Vis de raccordements



Cliquez sur l'image

6. Couplage

Le couplage des enroulements statorique permet de faire fonctionner les moteurs asynchrones sous deux tensions. Il est fonction de la tension du réseau et de la tension que peuvent supporter les enroulements.

Le couplage est réalisé par une connexion, à l'aide de barrettes, sur la plaque à bornes.

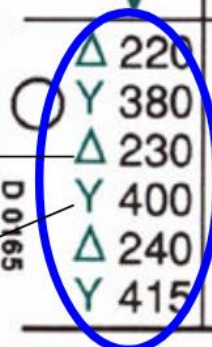
Méthode:

Repérer la plaque signalétique sur laquelle le constructeur a indiqué les caractéristiques du moteur.

Extraire les indications se reportant au tension admissible par le moteur asynchrone ainsi que les couplages possibles.

***couplage Triangle** : utilisé pour la tension de fonctionnement la plus basse*

***couplage Étoile** : utilisé pour la tension de fonctionnement la plus élevée.*



* LEROY-SOMER		MOT. 3 ~ LS 80 L T				
		N° 734570 BJ 002 kg 9				
IP 55 I cl.F		40°C		S1		
	V	Hz	min⁻¹	kW	cos φ	A
○	Δ 220	50	2780	0,75	0,86	3,3
	Y 380					1,9
	Δ 230	50	2800	0,75	0,83	3,3
	Y 400					1,9
	Δ 240	50	2825	0,75	0,80	3,3
	Y 415	**				1,9

IEC 34-1(87)

MOTEURS LEROY-SOMER

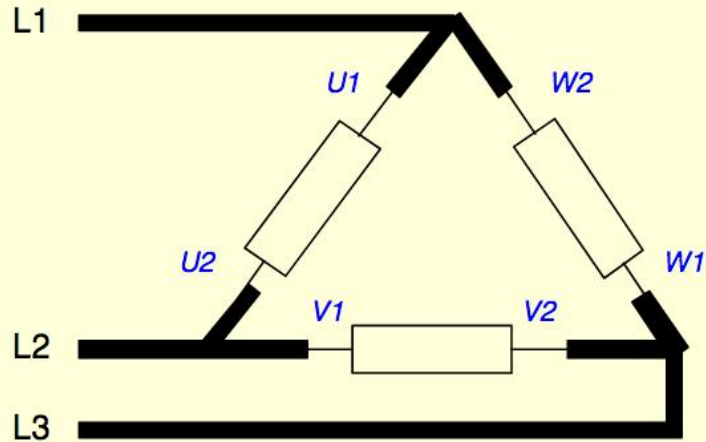
Pour déterminer le couplage des trois enroulements d'un moteur asynchrone, il faut:

Connaître la tension sous laquelle il sera alimenté.

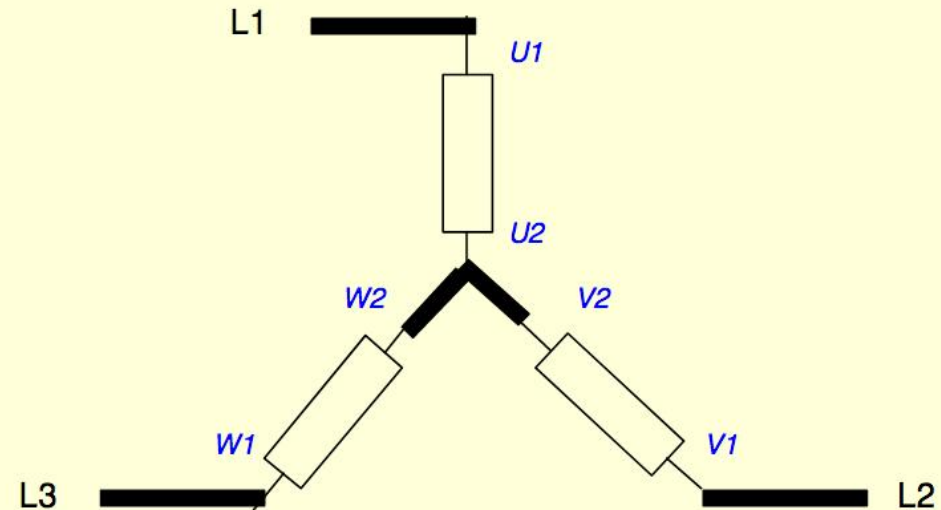
Retrouver sur la plaque signalétique cette tension.

Lire le couplage qui lui est associé.

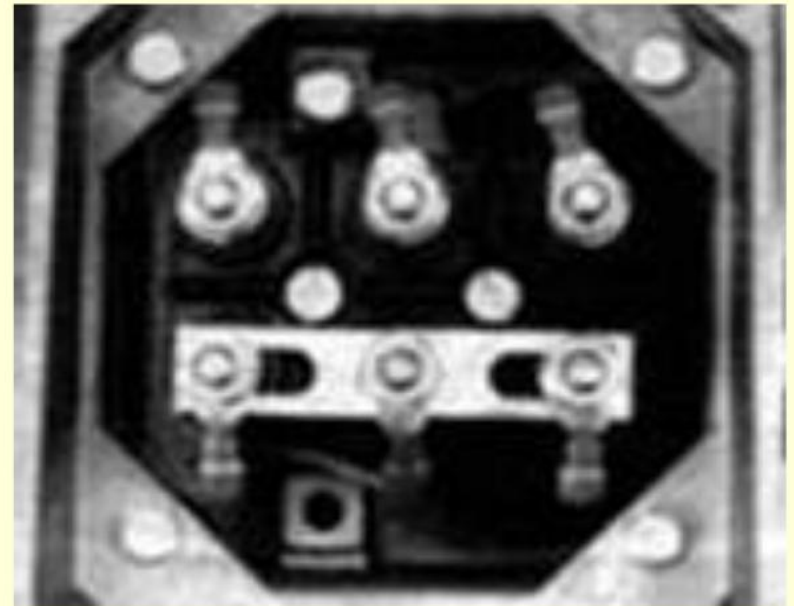
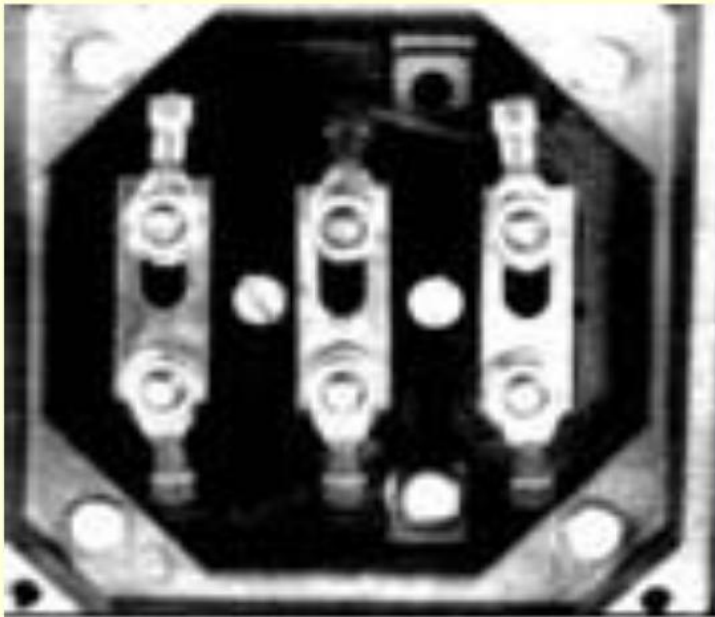
7. Couplages (position des barrettes)



Couplage triangle



Couplage Etoile



Exemple de positionnement

Les **moteurs synchrones** et **asynchrones** sont tous les deux utilisés dans le secteur industriel. Quelles sont les différences entre ces deux moteurs électriques ? Voici quelques éléments de réponses.

Une différence liée au rotor

Les deux moteurs se composent d'un stator (partie fixe) et d'un rotor (partie mobile). La **différence entre moteurs synchrones et asynchrones** vient du rotor :

- le rotor des moteurs synchrones se compose d'un aimant ou électroaimant alors que celui des moteurs asynchrones est constitué d'anneaux (qui forment ce que l'on appelle la cage à écureuil).
- dans le cas d'un moteur synchrone, le moteur tourne à la même vitesse que le champ magnétique (le rotor tourne à la vitesse de synchronisme). Dans le cas d'un moteur asynchrone, il y a un décalage entre la vitesse de rotation de l'arbre et le champ magnétique (le rotor tourne moins vite et n'atteint jamais la vitesse de synchronisme).

Avantage et inconvénients des moteurs synchrones et asynchrones

Voici une liste non exhaustive des avantages et inconvénients de ces deux moteurs :

- Sur les moteurs asynchrones, le fait que le rotor ne tourne pas à la même vitesse que le champ magnétique provoque ce qu'on appelle des glissements, ce qui entraîne une perte de la vitesse de rotation. Ce problème ne touche pas les moteurs synchrones, qui ont au final un meilleur rendement.
- Le démarrage direct des moteurs synchrones est impossible alors que les moteurs asynchrones peuvent être lancés directement sur le réseau.
- L'un des grands inconvénients du moteur synchrone est qu'il décroche si l'on dépasse le couple maximum.
- La vitesse d'un moteur synchrone reste fixe, peu importe la charge. Cela peut être un véritable atout dans certaines circonstances. Les deux moteurs peuvent facilement varier leur vitesse grâce à un variateur.

Ce qui fait le succès des moteurs asynchrones

Les moteurs asynchrones (moteurs monophasés et moteurs triphasés) sont les moteurs les plus utilisés dans l'industrie car :

- Ils sont moins chers et moins volumineux que les moteurs synchrones
- Ils sont plus simples à entretenir et très résistants (les bagues des électroaimants des moteurs synchrones sont difficiles à entretenir)
- Ils proposent un très grand choix d'application : on peut pratiquement tout faire avec un moteur asynchrone. La plupart des machines industrielles peuvent être entraînées grâce à un moteur asynchrone et la variation de vitesse est très facile à mettre en place.



Moteurs asynchrones triphasés

LES CONTACTEURS

Le contacteur est un appareil mécanique de connexion ayant une seule position de repos et une seule position de travail.

Il est capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, y compris les conditions de surcharges en service.

L'intérêt du contacteur est de pouvoir être commandé à distance.

Il fait partie de la famille des préactionneurs puisqu'il se trouve avant l'actionneur dans la chaîne des énergies.

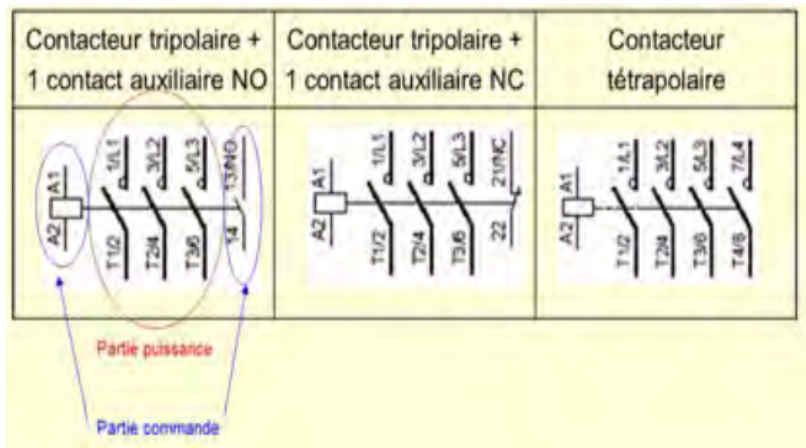
Un contacteur peut être actionné à partir des éléments du circuit de commande (Bouton poussoir, Capteur, Etc...)



Contacteur de puissance



Exemple : Le contacteur de puissance (KM) :



Exemples de symboles de contacteur de puissance

Les contacteurs sont utilisés afin d'alimenter des moteurs industriels de grande puissance et en général des consommateurs de fortes puissances.

Ils possèdent un pouvoir de coupure ^{Pouvoir de coupure (P_{dc})} important.

Une partie de ses contacts peut être utilisée pour commander des éléments de puissance (Moteur, chauffage, circuit de puissance, etc...).

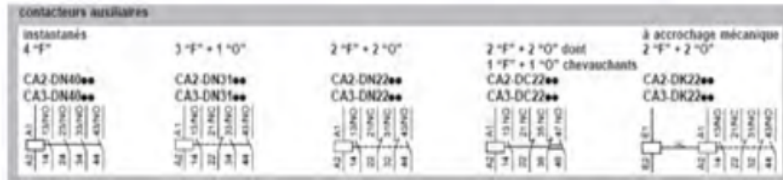
Il est repéré KM (KM1, KMA...) aussi bien pour la bobine et les contacts.



Contacteur auxiliaire



Exemple : Le contacteur auxiliaire (KA):



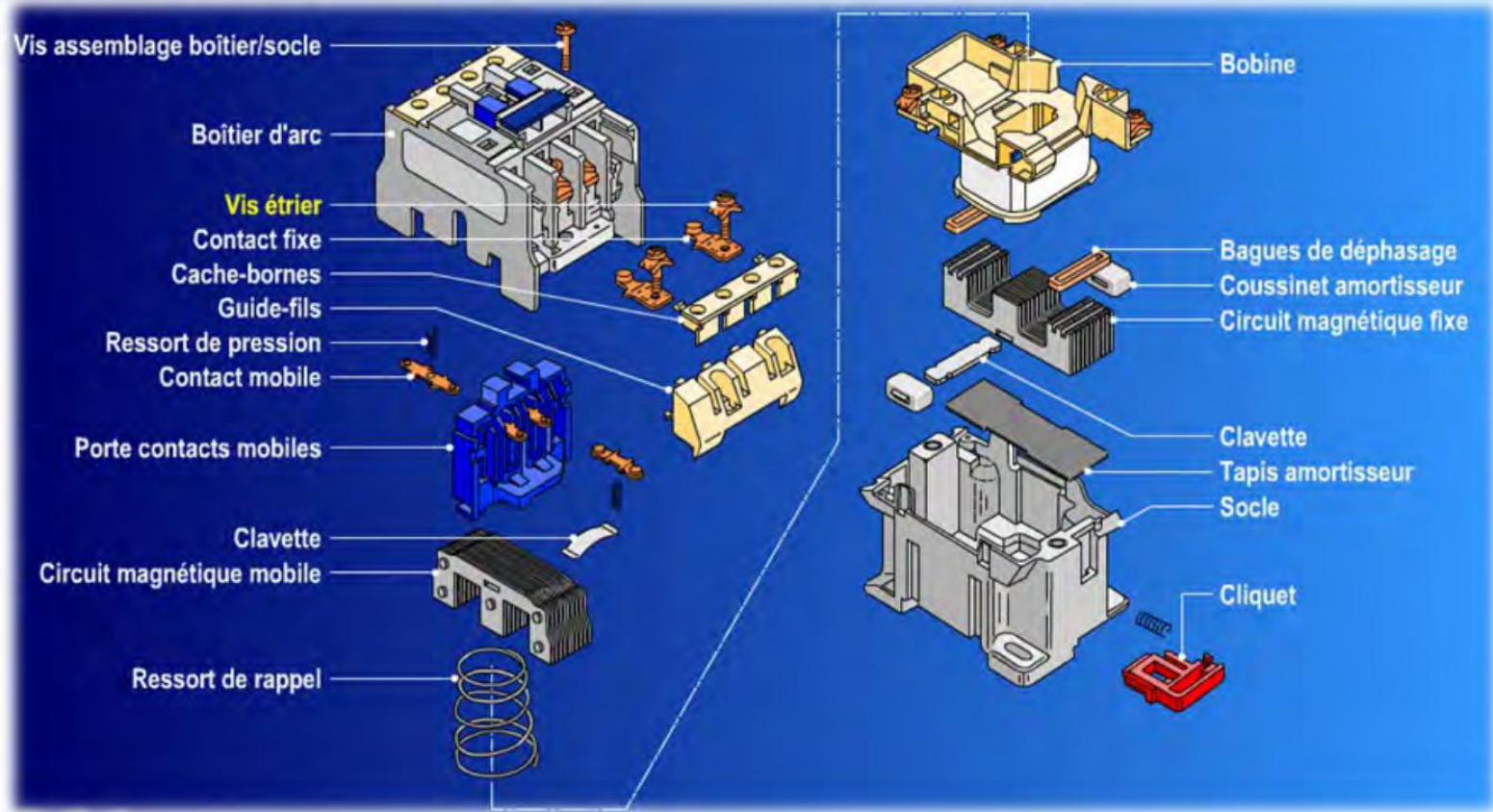
Exemples de symboles de contacteur auxiliaire

Le contacteur auxiliaire est utilisé dans la partie commande des circuits.

Il est utilisé pour relayer les capteurs (plus de contacts), permettre de réaliser des commandes plus complexes.

On peut lui ajouter des blocs de contacts auxiliaires temporisés ou non.

Il est repéré dans les schémas par KA, (KA1, KAA...) aussi bien pour la bobine et les contacts



Vue des éléments intérieurs d'un contacteur

Fonctionnement

1. La bobine du contacteur peut être alimentée aussi bien par un courant alternatif que par un courant continu (de 24 à 400 V).
2. Elle génère un champ magnétique
3. La partie mobile de son armature est attirée contre la partie rigide.
4. En fonction du modèle, les contacts se ferment ou s'ouvrent alors.
5. Si la bobine n'est pas alimentée, le ressort de rappel renvoi en position initial la partie mobile de l'armature et les contacts reprennent leur position.

Ce mécanisme permet de contrôler la mise en service des appareils électriques en aval de celui-ci

Symboles

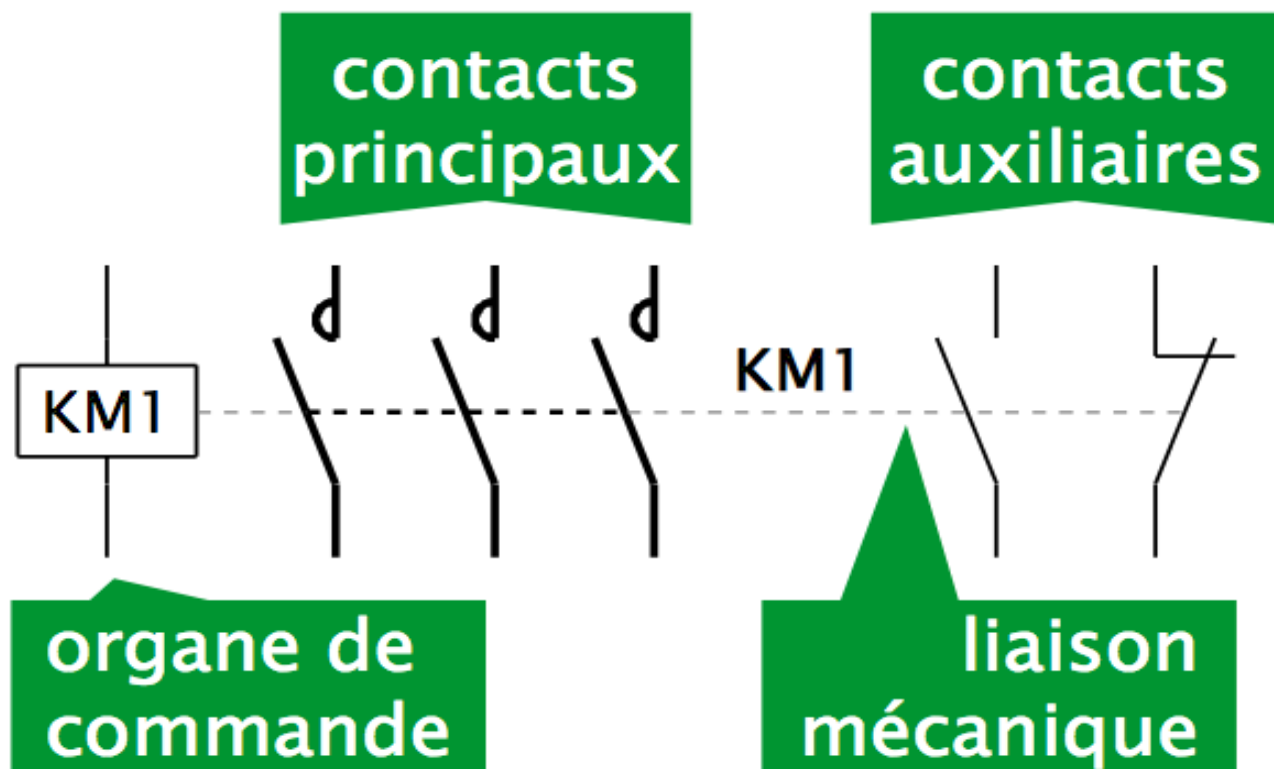
Un contacteur de puissance ou auxiliaire est équipé de contact **F** dit "*à Fermeture*", de contact **O** dit "*à Ouverture*".

Ces contacts peuvent être utilisés dans la partie commande (contact auxiliaire) ou dans la partie puissance (contact de puissance) de l'installation en fonction de leurs caractéristiques électriques.

La différence entre contact de puissance et contact auxiliaire réside dans le fait que le contact de puissance est prévu pour résister à l'apparition d'un arc électrique issu d'un fort courant, à l'ouverture ou à la fermeture du circuit.

Le contact auxiliaire fait partie de la partie commande du montage dont les courants restent faibles face à la partie puissance.

exemple - contacteur tripolaire



REGIMES DE NEUTRE « TT » « TN »

Régimes de neutre : connexion du neutre à la terre

La distribution de la basse tension (230V et 400V) peut se faire de 3 façons différentes concernant le "régime de neutre" : TT, TN ou IT.

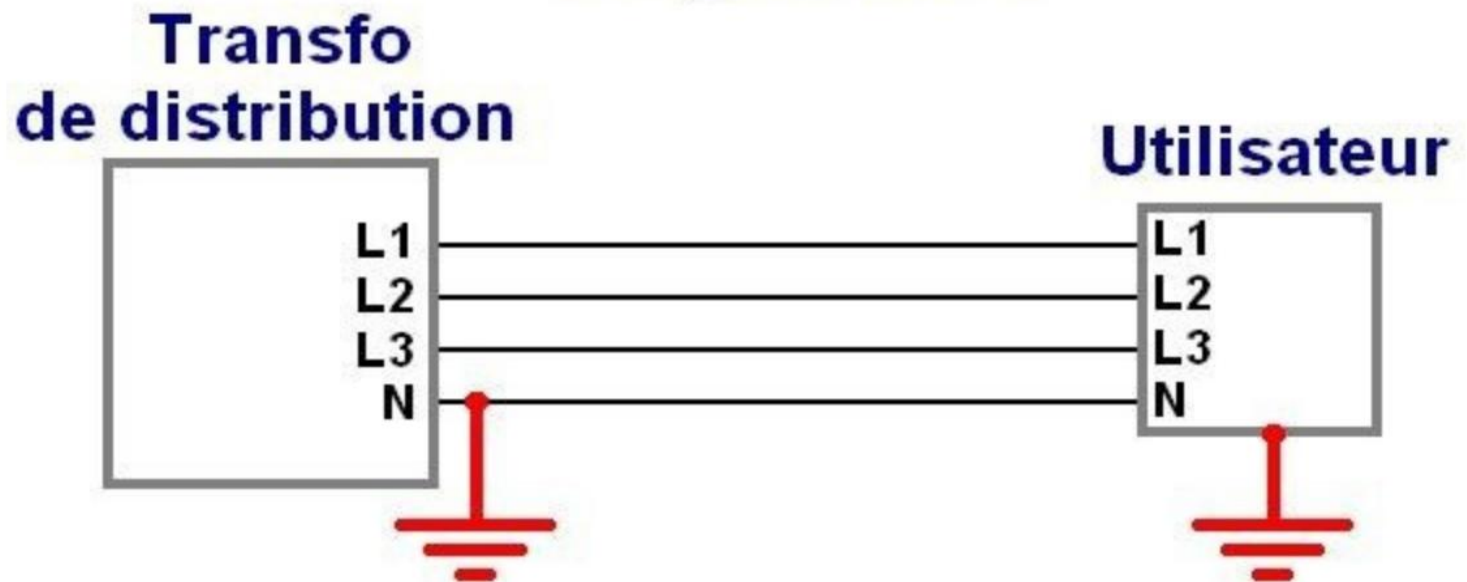
1 ^{ère} lettre : neutre du transfo		2 ^{ème} lettre : masses des appareils (côté utilisateur)	
raccordé à la terre	T	T	raccordées à la terre
isolé de la terre	I	T	raccordées à la terre
raccordé à la terre	T	N	raccordées au neutre

Régime de neutre TT

Ce régime de neutre signifie :

- neutre à la terre coté transfo de distribution (1er "T")
- neutre à la terre coté utilisateur (2ème "T")

Régime TT



Connexion du neutre en régime TT

Le régime TT est celui de la distribution basse tension en France, associés à nos disjoncteurs différentiels 30mA. La carcasse des appareils (côté utilisateur) est reliée à la terre. Aussitôt qu'un défaut d'isolement (masse reliée à la terre qui entre en contact avec une phase) survient, il doit y avoir coupure : c'est la coupure au premier défaut.

Entre une phase et la masse de l'appareil, il y a 230V pour un réseau 230V/400V. Il ne peut pas y avoir plus en cas de défaut.

Régime de neutre TN

Ce régime de neutre signifie :

- neutre à la terre coté transfo de distribution ("T")
- terre reliée au neutre coté utilisateur ("N")

Il existe 2 régimes TN : TNC et TNS

Régime TNC

TNC : Le neutre (N) et le conducteur de protection (PE) sont confondus (PEN sur le schéma). Ce régime est interdit pour des sections de câbles inférieures à 10 mm². En effet, la tension entre les extrémités du conducteur de protection doit rester aussi faible que possible.

Régime TNS

TNS : Le neutre (N) et le conducteur de protection (PE) sont séparés. Il faut utiliser des appareils tripolaire + neutre. Dans les deux cas, la protection doit être assurée par coupure au premier défaut. Entre une phase et la masse de l'appareil, il y a 230V pour un réseau 230V/400V. Il ne peut pas y avoir plus en cas de défaut

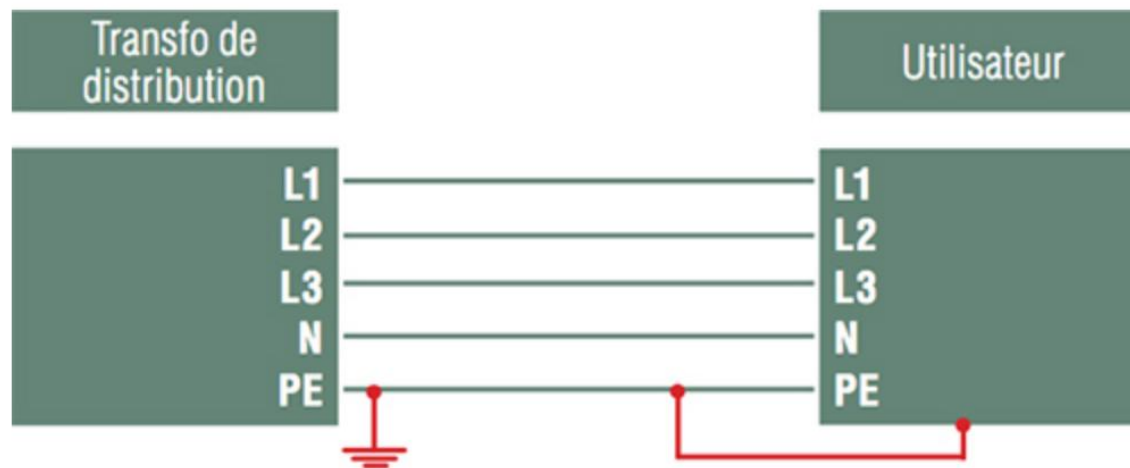


TNC



Le neutre (N) et le conducteur de protection (PE) sont confondus (PEN sur le schéma). Ce régime est interdit pour des sections de câbles inférieures à 10 mm². En effet, la tension entre les extrémités du conducteur de protection doit rester aussi faible que possible.

TNS



Le neutre (N) et le conducteur de protection (PE) sont séparés. Il faut utiliser des appareils tripolaires + neutre.

Dans les deux cas, la protection doit être assurée par coupure au premier défaut. Entre une phase et la masse de l'appareil, il y a 230 V pour un réseau 230 V/400 V. Il ne peut pas y avoir plus en cas de défaut.

LE SCHEMA ELECTRIQUE

Le schéma électrique

Un schéma électrique est un dessin qui représente un simple circuit électrique ou une installation électrique complète, voir complexe.

Des symboles graphiques représentent les éléments de cette installation mais aussi les connexions qui les relie fonctionnellement.

Nous aurons donc, par exemple, des symboles pour représenter un voyant lumineux, un interrupteur et des fusibles. Nous avons aussi des symboles pour représenter des fils électriques qui serviront à relier notre voyant avec son interrupteur et ses fusibles.

Nous avons donc ici une représentation schématique d'une petite installation électrique.

Pour représenter les lignes électriques qui alimentent nos installations électriques nous parlons alors de réseau électrique. Un réseau électrique (pour le transport de l'énergie électrique) sera composé de générateurs (centrales de production d'énergie électrique), de transformateurs, de câbles, de poteaux, de points de connexion ou d'interconnexion et des dispositifs de protection pour chacun des éléments précités.

But d'un schéma électrique

- Expliquer le fonctionnement de l'équipement (il peut être accompagné de tableaux, de diagrammes et [chronogrammes](#)),
- Fournir les bases d'établissement et de réalisation physique de l'installation,
- Faciliter les essais (mise en service),
- Faciliter la maintenance et les dépannages plus rapidement.

Les symboles

Ce qui est assez impressionnant c'est qu'il existe plusieurs façons de dessiner un même type d'appareillage ou composant. La normalisation des symboles (au moins les plus courant) permet de lire un schéma plus rapidement. Nous pouvons aussi dire que grâce à ces normalisations, ce « langage symbolique » est un langage universel compréhensible par n'importe quel technicien de la planète.



Lampe d'éclairage
(symbole général)



Lampe de signalisation
(voyant)



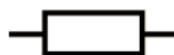
Tube à fluorescence



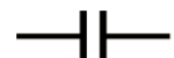
Moteur



Sonnerie



Résistance



Condensateur



Impédance



Eclairage
de sécurité
sur circuit spécial



Bloc autonome
d'éclairage
de sécurité



Fonction
disjoncteur



Fonction
sectionneur



Fonction
interrupteur



Fonction
contacteur



Fonction
déclenchement
automatique



Contact
à fermeture
(contact de travail)



Contact
à ouverture
(contact de repos)



Elément
de protection
thermique



Elément
de protection
magnétique

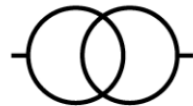
APPAREILS DE PRODUCTION ET TRANSFORMATION



Générateur



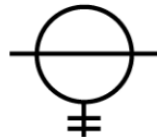
Batterie de piles
ou accus



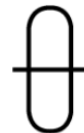
Transformateur



Transformateur
triphase
triangle/étoile



Transformateur
de courant



Transformateur
tore



Autotransformateur

APPAREILS DE MESURE

Indicateurs



Voltmètre



Ampèremètre



Wattmètre

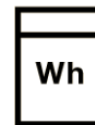


Varmètre



Fréquencemètre

Enregistreur



Compteur
d'énergie active
(wattheuremètre)



Compteur
d'énergie active
(varheuremètre)

Classification des schémas

A propos de la classification des schémas :

Nous pouvons classer les schémas selon leur mode de représentation. Mais chaque mode se divise parfois en plusieurs sous-mode. Par exemple dans la section suivante, la représentation unifilaire et la représentation multifilaire sont classés dans le mode « selon le nombre de conducteurs ».

Selon le nombre de conducteurs

Représentation unifilaire

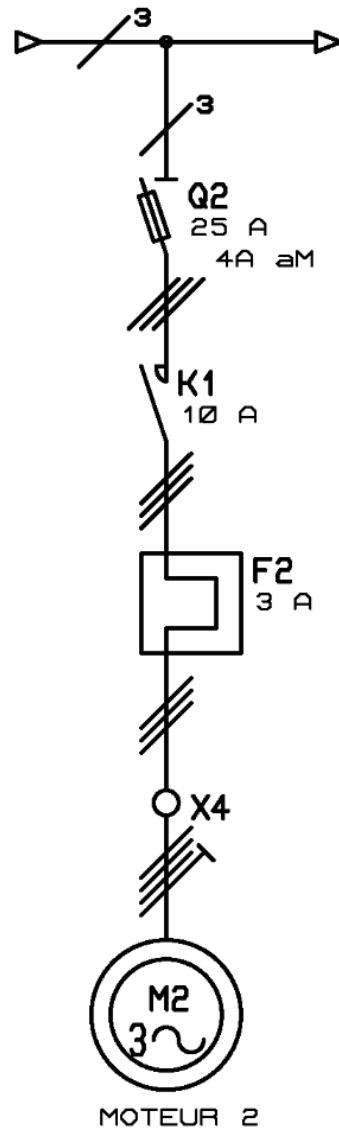
Deux ou plus de deux conducteurs sont représentés par un trait unique.

On indique sur ce trait le nombre de conducteurs en parallèle. Cette représentation est surtout utilisée en triphasé.

		
Terre	Neutre	Trois conducteurs. + terre
 		
Trois conducteurs		

Exemple de schéma unifilaire

Le schéma du circuit de puissance d'un moteur triphasé.



Représentation multifilaire

Dans la représentation multifilaire chaque conducteur est représenté par un trait.

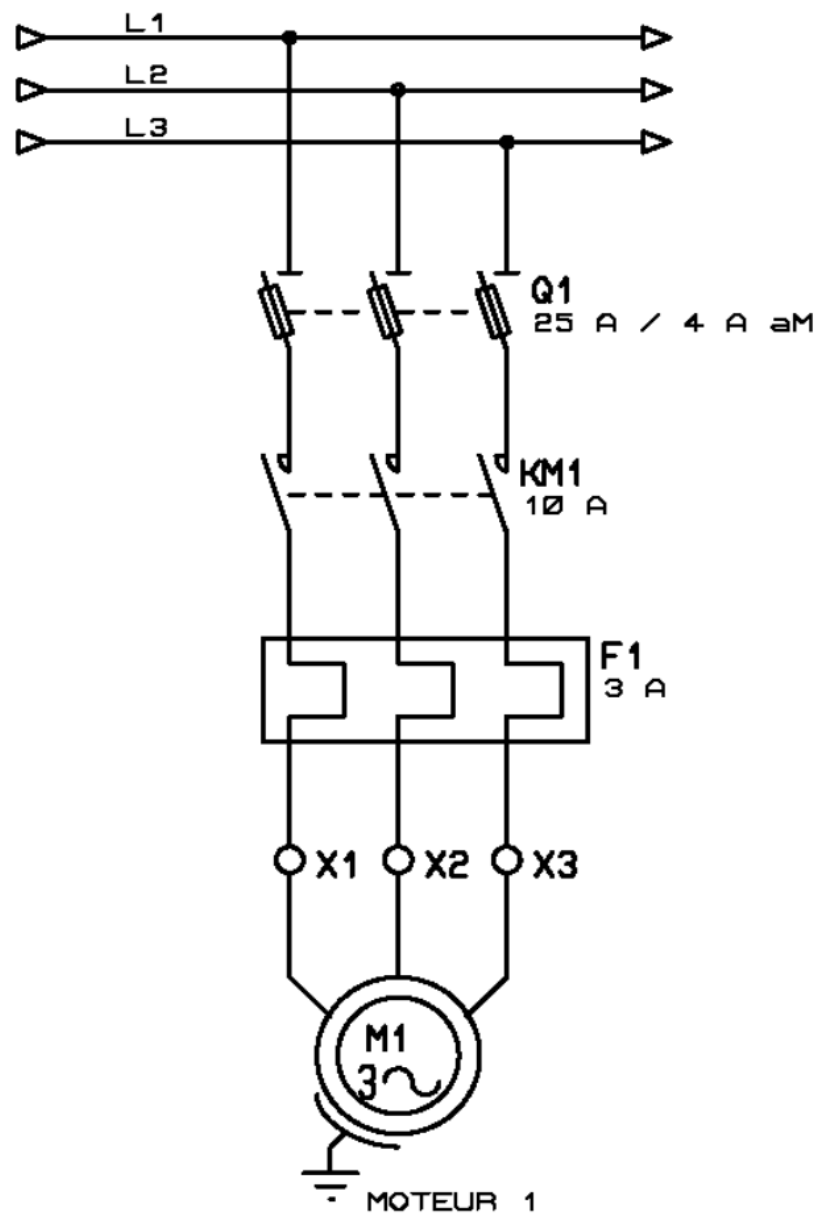
Si vous avez un dispositif électrique alimenté en triphasé, vous dessinez les trois fils de chaque phase.

Cela prend plus de place, mais ça permet de faire figurer les numéros attribués au fils et aux borniers.

C'est aussi le schéma qui permet aux câbleurs de suivre facilement l'avancement de leur tâche de câblage et aux dépanneurs ou agents de maintenance de bien identifier les appareillages et conducteurs associés (ou connectés entre eux).

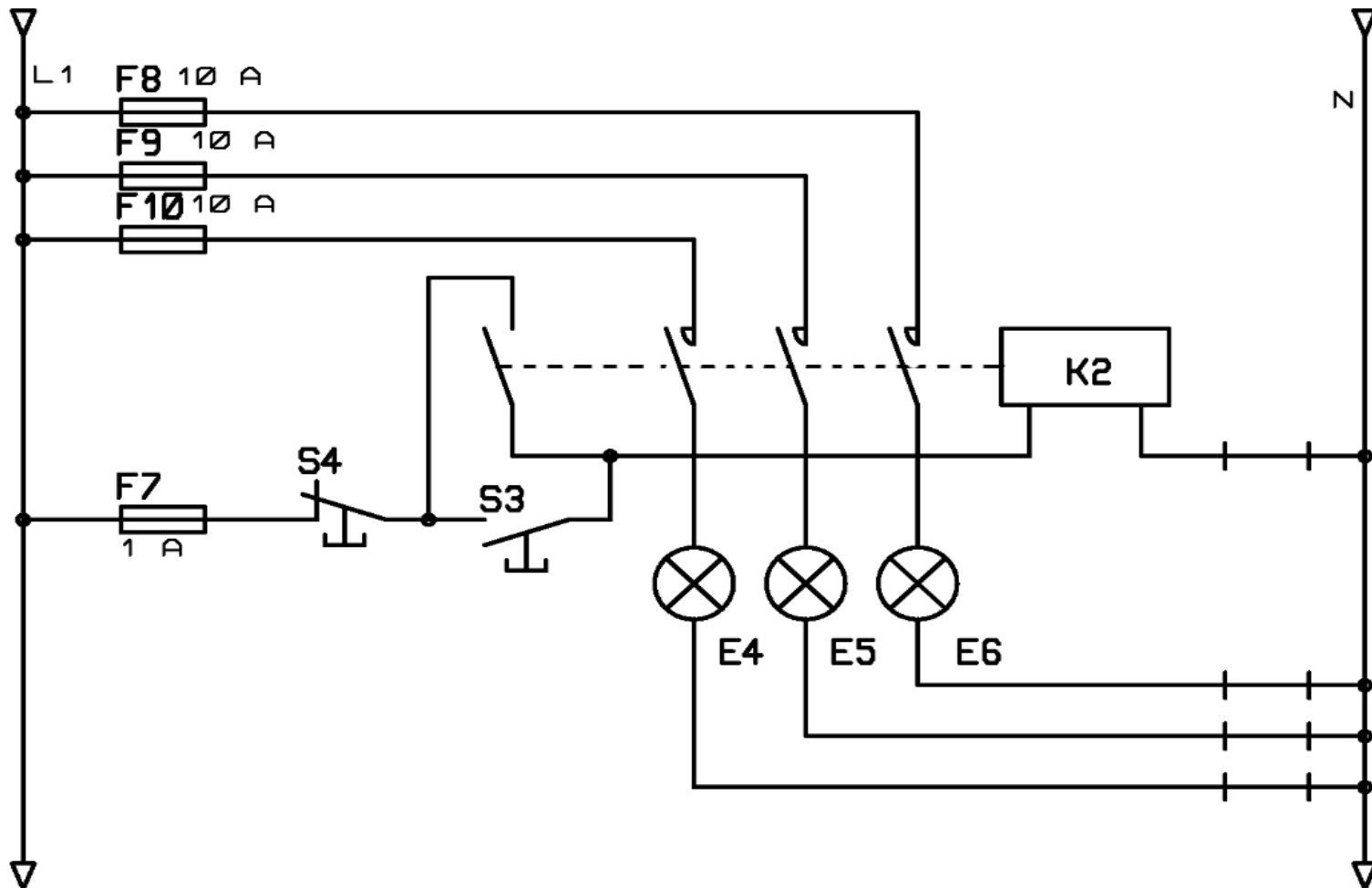
Exemple de schéma multifilaire

Schéma du démarrage direct d'un moteur triphasé (circuit de puissance).



Représentation rangée

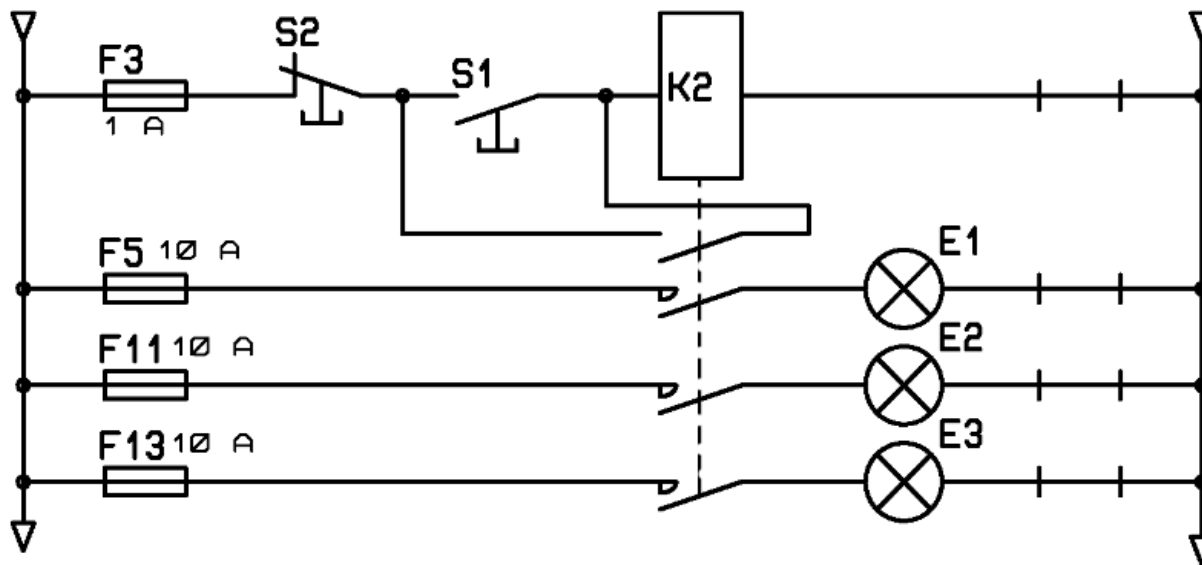
Les symboles des différents éléments d'un même appareil ou d'une même installation sont séparés et disposés de façon que l'on puisse tracer facilement les symboles des liaisons mécaniques entre différents éléments qui manœuvrent ensemble.



Selon l'emplacement des symboles

Représentation assemblée

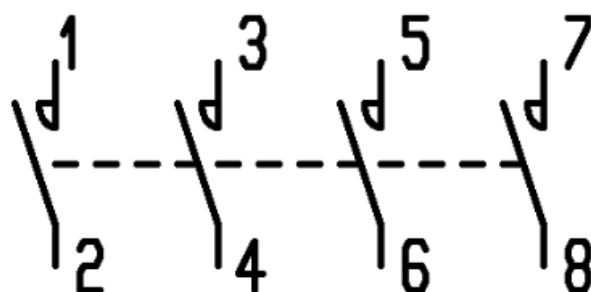
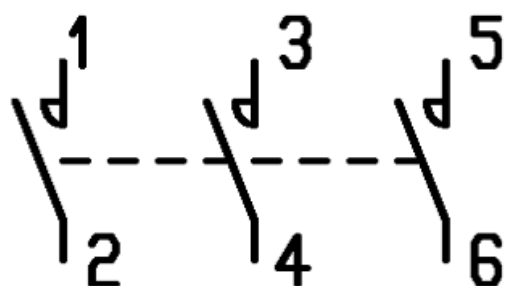
Les symboles des différents éléments d'un même appareil, ou d'un même équipement, sont représentés juxtaposés sur le schéma.



Principe de marquage des contacts

Contacts principaux

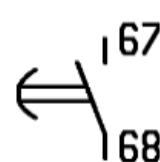
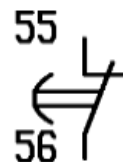
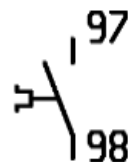
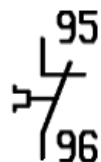
Les bornes sont repérées par un seul chiffre de 1 à 6 (tripolaire), de 1 à 8 (tétrapolaire).



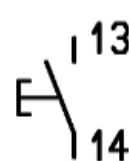
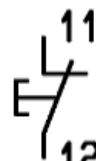
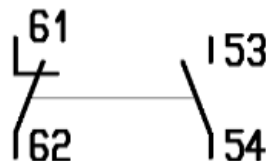
Contacts auxiliaires

Ils sont repérés par un nombre de deux chiffres. Le chiffre des unités indique la fonction du contact :

- ♦ 1-2, contact à ouverture ;



- ♦ 3-4, contact à fermeture ;



- ♦ 5-6, 7-8, contact à fonctionnement spécial.

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

TABLEAU DES MARQUAGES PARTICULIERS DES BORNES D'APPAREIL

Bornes d'appareil pour		Marquage	
		Notation alpha-numérique	Symbole graphique
Système alternatif	Phase 1	U	
	Phase 2	V	
	Phase 3	W	
	Neutre	N	
Conducteur de protection		PE	
Terre		E	
Terre sans bruit		TE	
Masse (platine, châssis)		MM	

Repérage des conducteurs

Sur les schémas

Le repérage individuel des conducteurs est généralement nécessaire pour un schéma des connexions, pour un schéma explicatif détaillé et pour un schéma général des connexions.

Le repérage peut être fixé lors de l'étude du schéma ou dans les cas simples, choisi lors de la pose des conducteurs ; on doit alors reporter les repères sur le schéma ou sur un document annexe.

Repérage dépendant

Le repère du conducteur reproduit les marques des bornes ou des équipements auxquelles les deux extrémités de ce conducteur doivent être raccordées.

Repérage indépendant

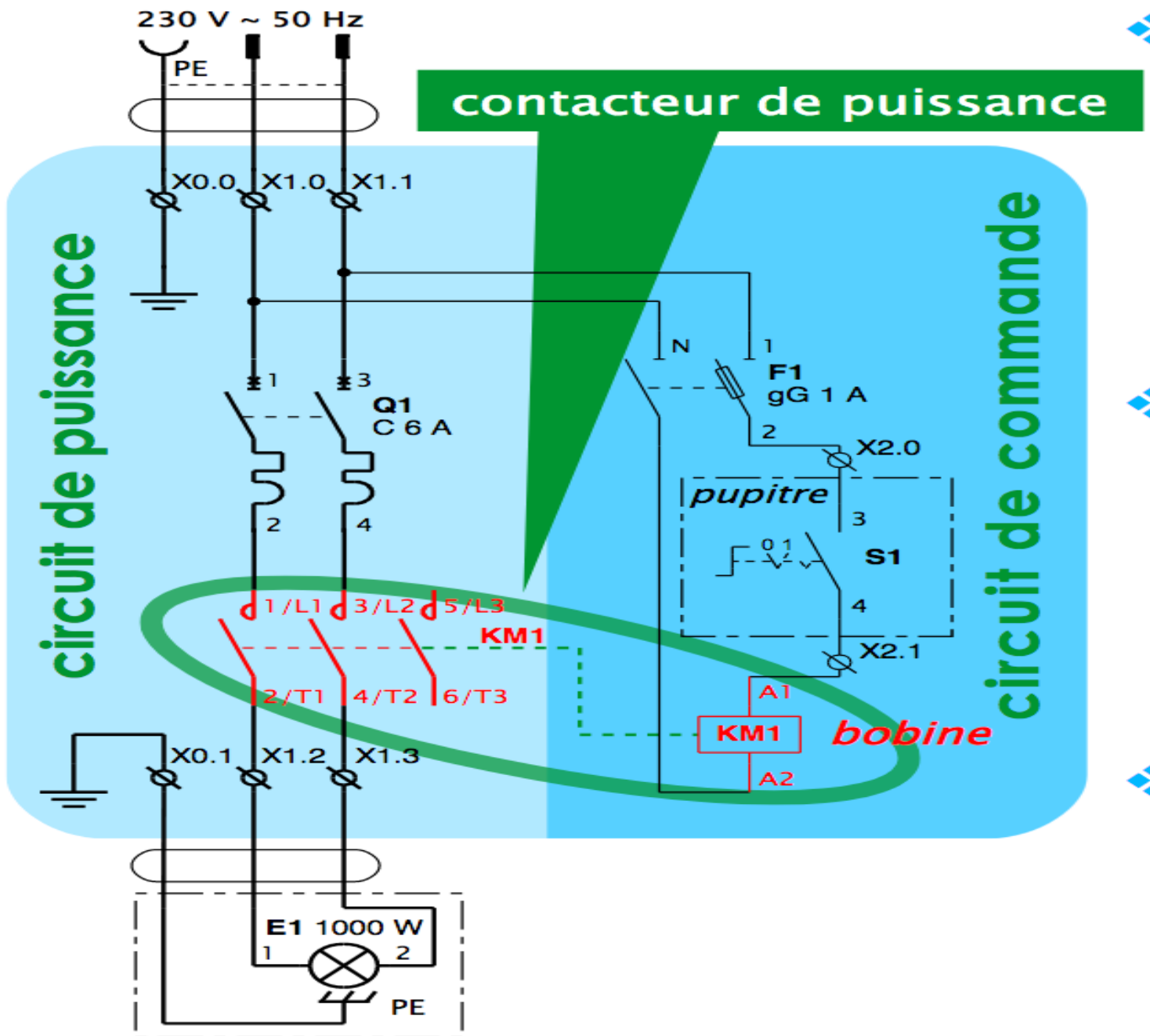
Il utilise le même repère généralement simple tout le long du conducteur. Généralement un schéma ou un tableau de connexions doit être employé.

Repérages particuliers

Tableau des marquages des conducteurs particuliers

TABLEAU DES MARQUAGES DES CONDUCTEURS PARTICULIERS

Désignation des conducteurs		Marquage	
		Notation alpha-numérique	Symbole graphique
Système d'alimentation alternatif	Phase 1	L1	
	Phase 2	L2	
	Phase 3	L3	
	Neutre	N	
Systèmes continu	Positif	L+	+
	Négatif	L-	-
	Médian	M	
Conducteur de protection		PE	
Conducteur de protection non mis à la terre		PU	
Conducteur de protection et conducteur neutre confondus		PEN	
Terre		E	
Terre sans bruit		TE	

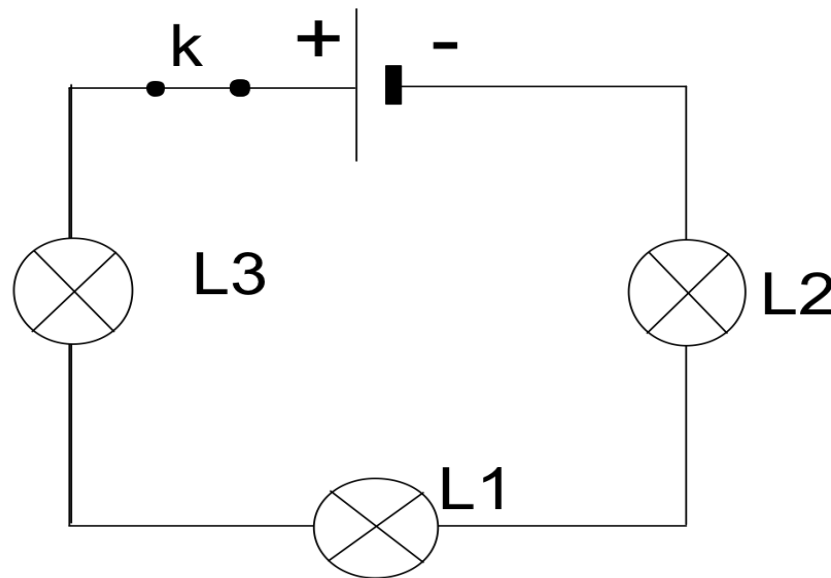


Montage en série ou montage en dérivation ?

I _ Montages en série

1°) Définition

Un circuit est en série si tous les dipôles sont les uns à la suite des autres et forment une seule boucle.



2°) Inconvénients

_ Lorsqu'on dévisse une des lampes, les autres s'arrêtent de briller. Cela signifie qu'elles ne reçoivent plus de courant électrique. La lampe dévissée empêche le courant de passer quelle que soit sa position dans le circuit.

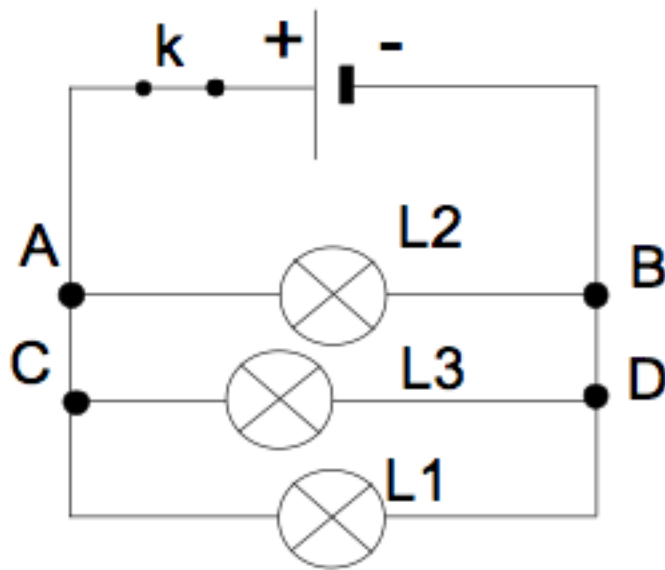
Dans un circuit en série, si un des appareils tombe en panne, les autres s'arrêtent de fonctionner.

_ Plus on ajoute de lampes dans le circuit, plus celles-ci éclairent faiblement. On peut donc en déduire que le courant diminue. De ce fait, si on veut faire fonctionner normalement toutes les lampes, il faudra utiliser un générateur plus puissant.

II _ Montages en dérivation ou parallèle

1°) définition

Un circuit est en dérivation ou parallèle si celui-ci est formé de plusieurs boucles.



_ La branche qui contient le générateur s'appelle la branche principale. Les autres sont les branches dérivées.

_ Les points A; B; C et D sont des nœuds.

Remarque : un nœud est un point commun à plusieurs boucles.

2°) Avantages

_ Si on dévisse la lampe L3, on observe que les autres lampes continuent de briller. Cela signifie qu'elles reçoivent toujours du courant électrique. Les trois lampes sont donc indépendantes.

Si un des dipôles branchés en dérivation tombe en panne, les autres continuent à fonctionner.

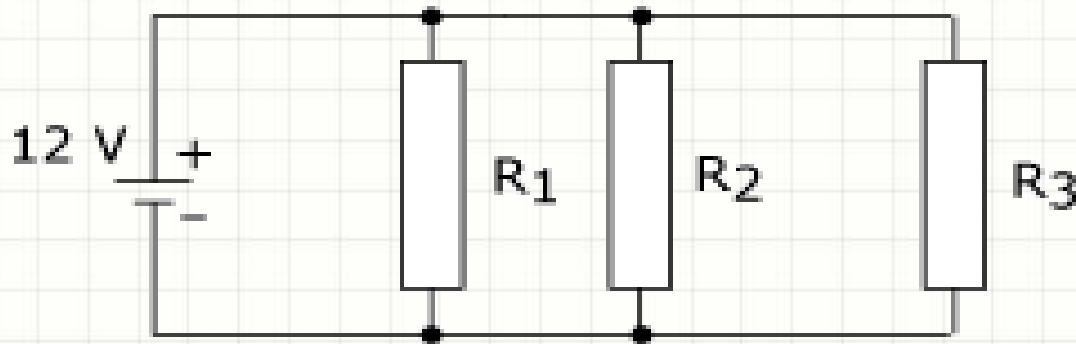
_ On observe que les trois lampes identiques brillent de la même façon. On peut donc en déduire qu'elles sont traversées par le même courant.

De plus, avec un seul générateur, on arrive à faire briller normalement les lampes.

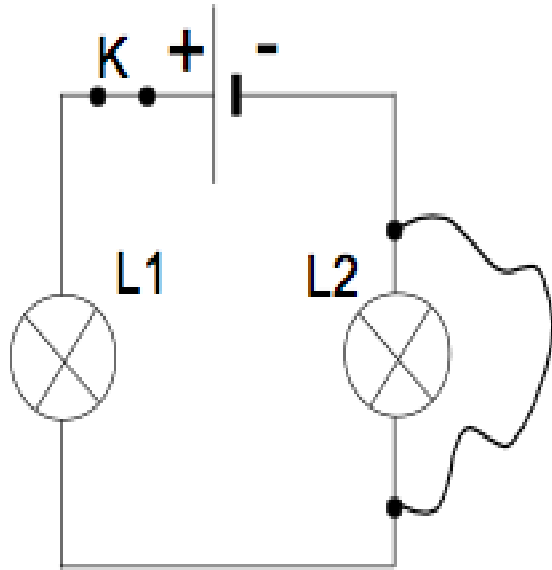
Remarque :

Dans une maison, tous les appareils sont montés en dérivation ou parallèle. La tension de toutes les prises est de l'ordre de 220-230 V. Or, le corps humain peut résister jusqu'à environ 30 V. Au-delà, il y a danger.

L'avantage est donc d'assurer le fonctionnement individuel de chaque appareil. Un autre avantage est de permettre à chaque dipôle de bénéficier d'une intensité maximale comme si il était seul sur le circuit. Par contre, en cas d'un trop important nombre d'éléments, la tension qui est partagée risque de devenir insuffisante et c'est pour cette raison qu'il faut avoir une génération de tension appropriée au nombre d'appareils du circuit.



III _ Court-circuit



Pour réaliser un court-circuit « intelligent », on place un fil de connexion qui relie les deux bornes du dipôle.

On constate, alors, que celui-ci ne fonctionne plus contrairement aux autres dipôles du circuit.

On en déduit donc que, seul, le dipôle court-circuité est privé de courant.

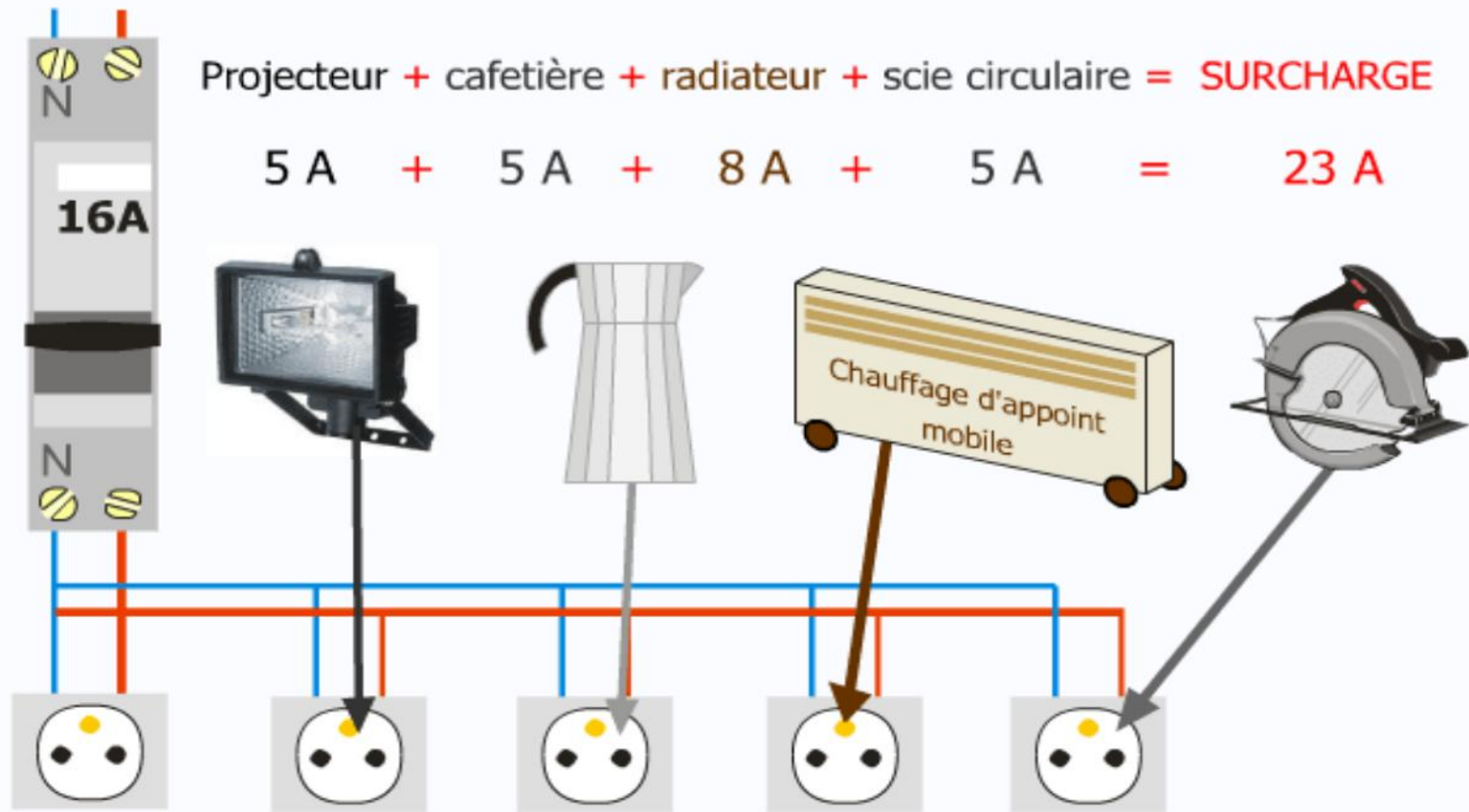
Un fil de connexion placé en dérivation sur un dipôle le court-circuite. Il est alors privé de courant électrique.

Remarques :

- 1°) Si on court-circuite un interrupteur, on empêche son fonctionnement. Ainsi le circuit est fermé même si l'interrupteur est ouvert.
- 2°) Certains courts-circuits sont involontaires (mauvais câblage, deux fils qui se touchent....) et peuvent éventuellement être à l'origine d'incendie.

Les intensités s'ajoutent : pensez à la surcharge !

Lorsque vous raccordez des appareils en parallèle, même si unitairement aucun ne dépasse l'intensité **nominale** admissible par votre source (Pile, batterie d'accumulateurs, prise électrique...), la somme des intensités peut dépasser la valeur nominale admissible !



Comme dans l'illustration ci-dessus, aucun récepteur ne dépasse 16 A mais la somme des intensités absorbées dépasse sensiblement cette valeur : $5\text{ A} + 5\text{ A} + 8\text{ A} + 5\text{ A} = 23\text{ A}$

LES CONDUCTEURS

câblage industriel ► conducteurs multibrins souples (faciles à courber)

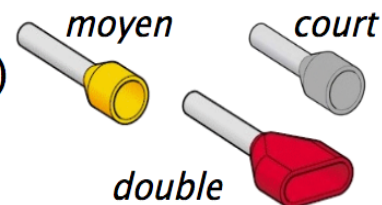
section (mm ²)	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4	6	10	16
intensité max. (A)	3	6	10	16	25	30	40	60	80

circuit de commande (rouge) circuit de puissance (noir)

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

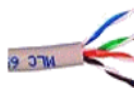
❖ Connexions des extrémités des fils

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

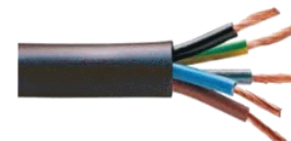


❖ Liaisons vers l'interface homme-machine

- **toron** de fils de commande
- **bus** de communication



❖ Liaisons vers les récepteurs et les capteurs ► **câbles multipolaires**



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

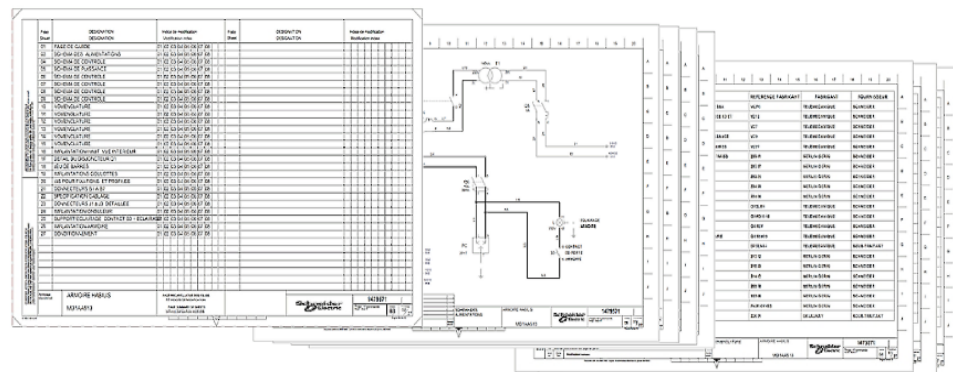
- repères à enfiler
- repères à clipser
- inscriptions directes



Le dossier électrique doit être consultable par le personnel de maintenance

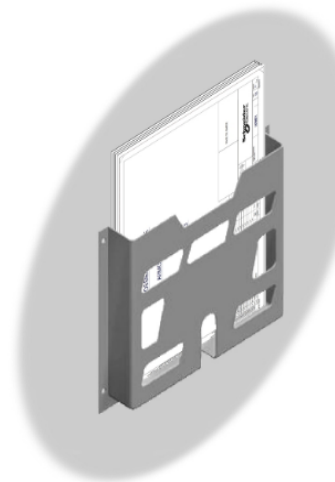
❖ Constitution du dossier électrique

- 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*



LES SYMBOLES

APPAREILS DE PRODUCTION ET TRANSFORMATION



Générateur



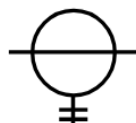
Batterie de piles ou accus



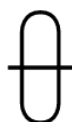
Transformateur



Transformateur triphasé triangle/étoile



Transformateur de courant



Transformateur tore



Autotransformateur

APPAREILS DE MESURE

Indicateurs



Voltmètre



Ampèremètre



Wattmètre

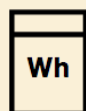


Varmètre



Fréquencemètre

Enregistreurs



Compteur d'énergie active (wattheuremètre)



Compteur d'énergie active (varheuremètre)

CANALISATIONS



Conducteur de phase



Neutre



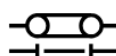
De protection (terre)



5 conducteurs (3 P + N + T)



Connexion borne



Connexion barrette



Croisement de 2 conducteurs avec connexion



Sans connexion



Dérivation



Boîte de jonction non enterrée

APPAREILS D'UTILISATION



Lampe d'éclairage (symbole général)



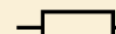
Tube à fluorescence



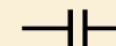
Moteur



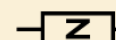
Sonnerie



Résistance



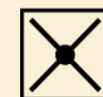
Condensateur



Impédance



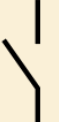
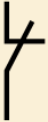
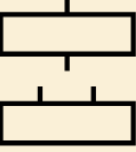
Eclairage de sécurité sur circuit spécial



Bloc autonome d'éclairage de sécurité

APPAREILLAGE D'INSTALLATION

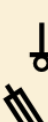
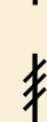
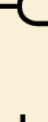
Fonctions de l'appareillage

-  Fonction disjoncteur
-  Fonction sectionneur
-  Fonction interrupteur-sectionneur
-  Fonction déclenchement automatique
-  Contact à fermeture (contact de travail)
-  Contact à ouverture (contact de repos)
-  Bobines de commande
-  Élément de protection thermique
-  Élément de protection magnétique

Appareillage à fonction simple

-  Sectionneur
-  Interrupteur (commande)
-  Fusible (protection contre les surintensités)
-  Contacteur (commande)
-  Rupteur (commande)
-  Bouton-poussoir à fermeture et retour automatique
-  Tirette à ouverture et retour automatique

Appareillage à fonctions multiples

-  Fusible interrupteur
-  Discontacteur
-  Fusible sectionneur
-  Interrupteur-sectionneur
-  Fusible interrupteur-sectionneur
-  Disjoncteur
-  Fusible à percuteur
-  Disjoncteur tripolaire à relais magnétothermiques
-  Disjoncteur différentiel
-  Contacteur tripolaire avec contact auxiliaire à deux directions

Appareillage de protection contre les surtensions

-  Eclateur
-  Eclateur double intervalle
-  Limiteur de surtension
-  Parafoudre

Appareillage de connexion

-  Fiche de prise de courant
-  Socle de prise de courant
-  Fiche et prise associées

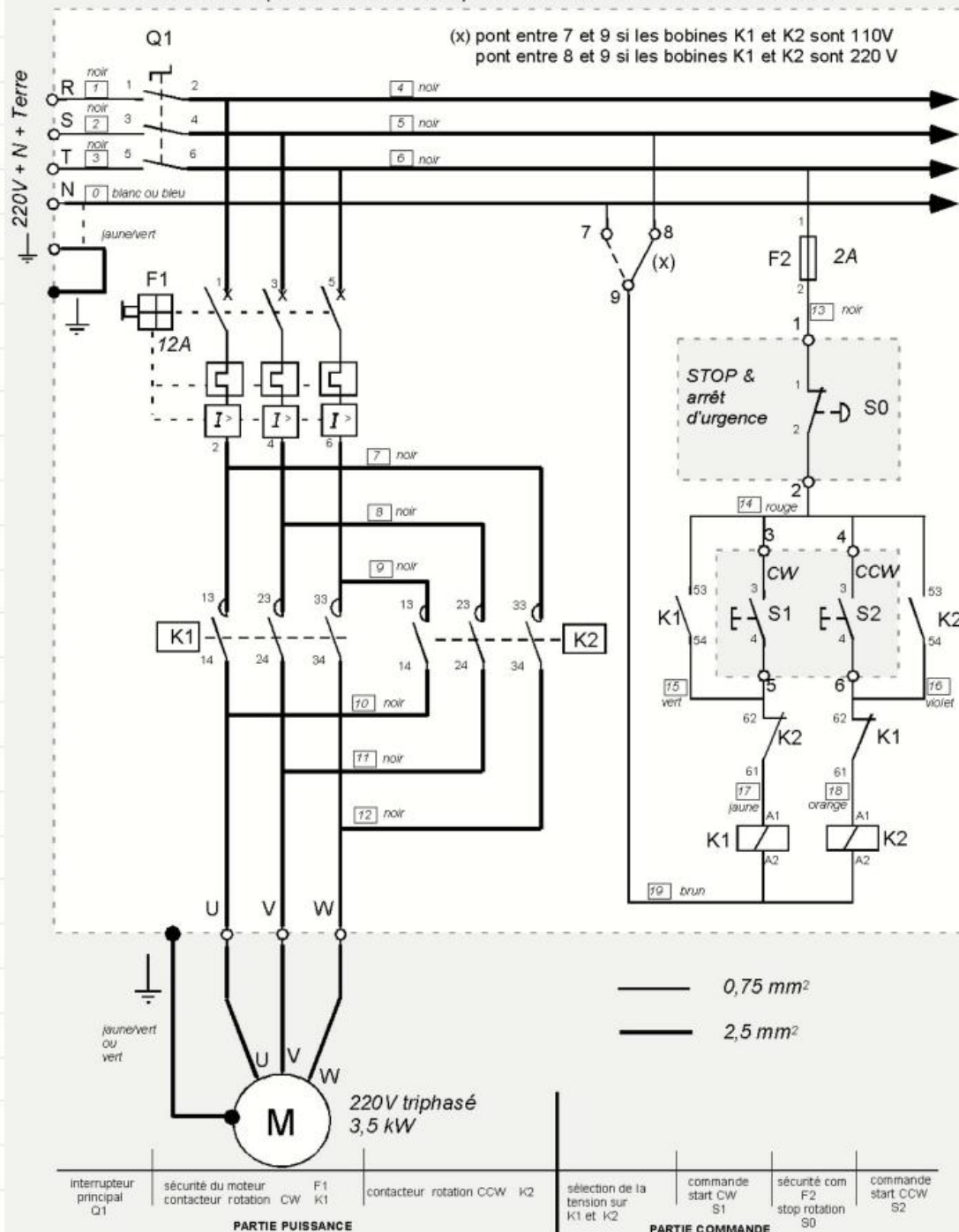
Autres formes

-  Fiche mâle
-  Prise femelle
-  Fiche et prise associées

LE CABLAGE

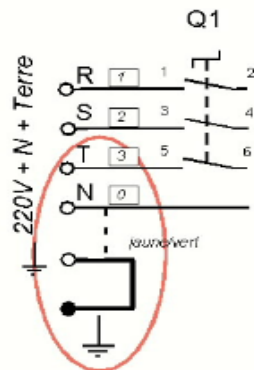
A partir d'un schéma, comment câbler une machine ?

schéma électrique : commande d'un petit moteur avec choix du sens de rotation



A

La mise à la terre



Les mises à la terre servent à protéger l'homme. A tort, bien des personnes pensent que les mises à la terre ne servent à rien puisque même sans elles, la machine fonctionne. **En cas de défaut sur la machine ce sont les mises à terre qui font sauter les sécurités et mettent ainsi la machine hors tension.**

Les mises à la terre  doivent être la première chose à câbler et la dernière à être décâblée.

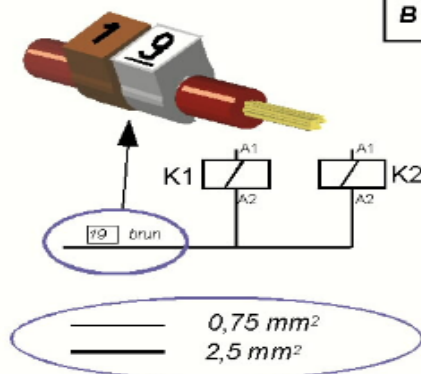
Dans certains pays, la terre est directement câblée avec le neutre ! (voir le pointillé dans le cercle de l'extrait du schéma).

Le câble de mise à la terre doit toujours être d'une **section égale ou plus grosse que la section du fil le plus gros câblé dans la machine.**

Certains borniers ont des bornes de terre qui relient directement les fils de terre entre eux par le rail de montage (rail DIN).

B

Les fils conducteurs



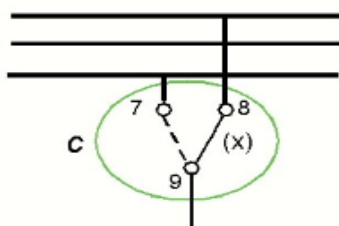
Dans un schéma bien fait, chaque fil a un numéro et / ou une couleur qui facilite son repérage sur les différents documents (liste de câblage et schéma) et le coffret.

L'épaisseur du trait utilisé sur le schéma donne parfois des indications sur la section d'un fil.

Il est obligatoire de **respecter la section des fils, éventuellement remplacer un fil par une section plus grande mais jamais plus petite** (risque d'échauffement pouvant bouter le feu).

c

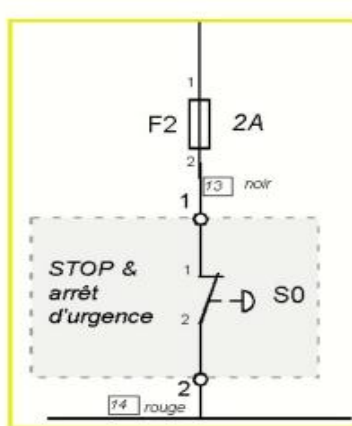
Les câblages conditionnels



Il est possible de rencontrer des câblages qui ne sont à faire que dans des cas précis. Le trait plein (à côté du X pour notre exemple) est le câblage standard ou le plus courant, alors que le pointillé propose un câblage à faire à certaines conditions.

Ce genre de câblage est généralement accompagné d'un **petit texte explicatif.**

(x) pont entre 7 et 9 si les bobines K1 et K2 sont 110V
pont entre 8 et 9 si les bobines K1 et K2 sont 220 V



D Extérieur et intérieur d'un coffret

Un cadre en pointillé sépare les pièces qui se trouvent à l'intérieur de celles qui se trouvent à l'extérieur du coffret.

Dans notre exemple, tout ce qui est grisé correspond à l'extérieur du coffret et tout ce qui est blanc au contenu du coffret. Ainsi: S0 se trouve à l'extérieur et F2 à l'intérieur du coffret.

Les cercles se trouvant sur les pointillés sont les bornes de raccordement entre l'intérieur et l'extérieur du coffret.

E Les différents secteurs d'un schéma

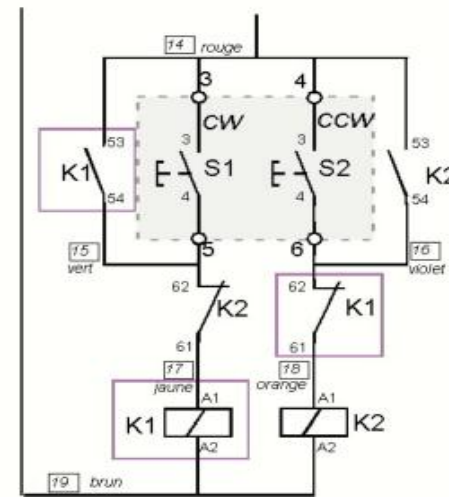
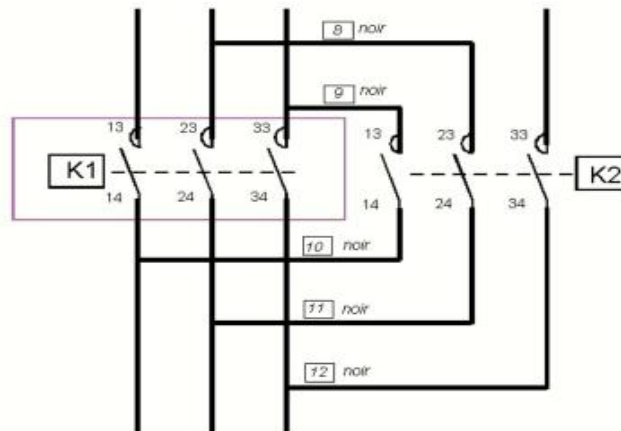
Il est courant de voir, sous un schéma, des commentaires utiles et expliquant la fonction de la partie dessinée juste au-dessus. Ceux-ci facilitent la localisation des parties de la machine.

sécurité du moteur contacteur rotation CW K1	contacteur rotation CCW K2	commande start CW S1	commande start CCW S2
---	----------------------------	----------------------	-----------------------

F La représentation d'une pièce

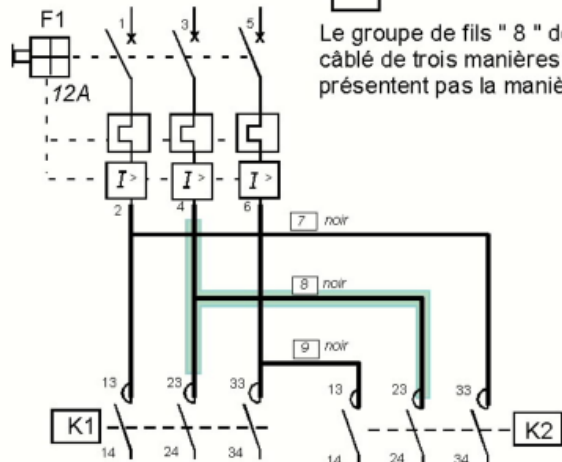
Si certaines pièces restent représentées entières sur un schéma (Q1 ou F1 pour notre exemple) d'autres, pour des raisons de propreté et de clarté, sont dispersées dans le schéma (K1 par exemple).

Sur un schéma, tous les contacts et interrupteurs sont représentés dans leur position de repos donc: lorsque le coffret n'est pas sous tension.



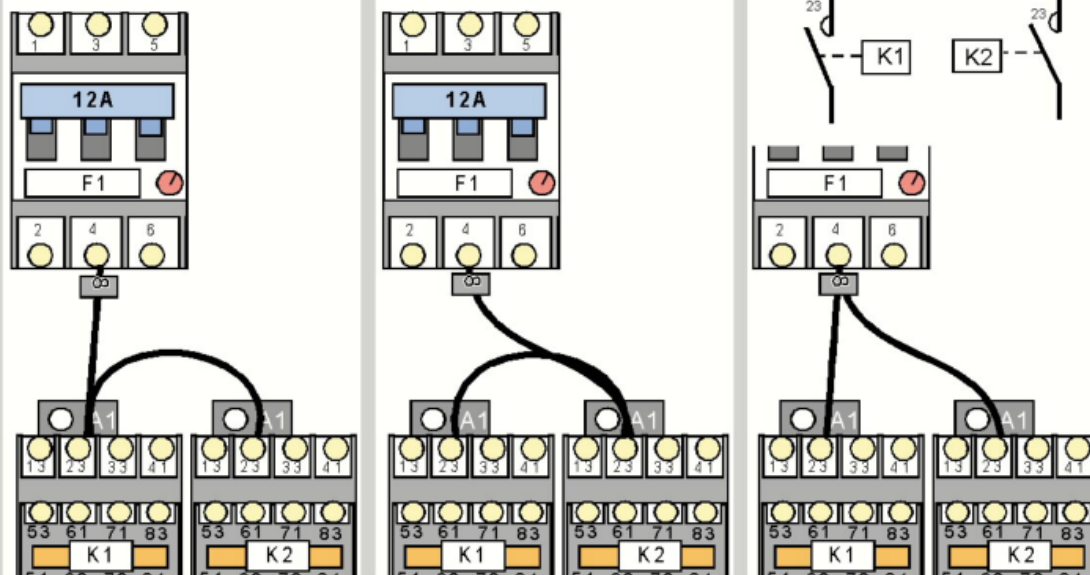
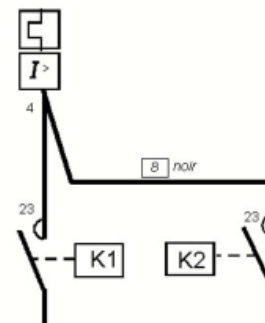
G

Ordre de câblage



Le groupe de fils " 8 " de l'extrait de schéma présenté à gauche peut être câblé de trois manières différentes. La majorité des schémas ne présentent pas la manière choisie de câbler.

Ci-dessous un exemple de schéma présentant la position physique des fils .



Les trois câblages présentés ci-dessus sont corrects. Pour choisir lequel est préférable, il faut s'interroger sur (par ordre d'importance):

- 1 La répartition des courants dans les fils
- 2 L'accessibilité pour le câblage et pour les mesures
- 3 La longueur totale du fil utilisé (prix, poids et encombrement)

liste de câblage du coffret électrique

Coffret de commande du sens de rotation d'un moteur triphasé 220V / 380 V 3,5 kW

No câble	section mm ²	couleur	de	à	remarque
	2,5	jaune/vert *	coffret	porte	seulement si le coffret et sa porte sont en métal
	2,5	jaune/vert *	N	coffret	pour le système où la terre et le neutre ne font qu'un (USA)
0	2,5	bleu ciel*	N	7	
u					
2	2,5	noir	S	Q1/3	
3	2,5	noir	T	Q1/5	
4	2,5	noir	Q1/2	F1/1	
5	2,5	noir	Q1/4	F1/3	
5	0,75	noir	Q1/4	8	
6	2,5	noir	Q1/6	F1/5	
6	0,75	noir	Q1/6	F2/1	
7	2,5	noir	K1/13	F1/2	
7	2,5	noir	K1/13	K2/33	
8	2,5	noir	K1/23	F1/4	
8	2,5	noir	K1/23	K2/23	
9	2,5	noir	K1/33	F1/6	
9	2,5	noir	K1/33	K2/13	
10	2,5	noir	K1/14	U	
10	2,5	noir	K1/14	K2/14	
11	2,5	noir	K1/24	V	
11	2,5	noir	K1/24	K2/24	
12	2,5	noir	K1/34	W	
12	2,5	noir	K1/34	K2/34	
13	0,75	noir	F2/2	1	
---	pont	---	2	3	pont à visser directement sur le bornier
---	pont	---	3	4	pont à visser directement sur le bornier
14	0,75	rouge	K2/53	2	
14	0,75	rouge	K2/53	K1/53	
15	0,75	vert	K2/62	5	
15	0,75	vert	K2/62	K1/54	
16	0,75	violet	K1/62	6	
16	0,75	violet	K1/62	K2/54	
17	0,75	jaune	K2/61	K1 / A1	
18	0,75	orange	K1/61	K2 / A1	
19	0,75	brun	K2 / A2	K1 / A2	
19	0,75	brun	K2 / A2	9	
---	0,75	noir	9	7 ou 8	pont entre 9 et 8 si les bobines K1 et K2 sont à 220V pont entre 9 et 7 si les bobines K1 et K2 sont à 110V

* Le fil de neutre est **bleu ciel** pour un câblage européen (EU)
et **blanc** pour un câblage américain (USA)

* Le fil de terre est **jaune/vert** pour un câblage européen (EU)
et **vert** pour un câblage américain (USA)

Consignes pour établir une liste de câblage sur la base d'un schéma :

- Travailler **très méthodiquement** en respectant scrupuleusement ce qui suit.
- Essayer de faire la liste de manière à avoir **les fils aussi court que possible**. Ce n'est pas toujours simple en observant le schéma, le dessin d'implantation rend plus service (voir le texte en bleu de la liste ci-dessous).
- Prendre les fils **dans l'ordre des numéros et/ou dans une suite logique**.
- Ne commencer la liste d'un **nouveau numéro, ou groupe de fils, que lorsque la précédente est totalement terminée**.
- **Tracer au fur et à mesure toutes les liaisons** du schéma qui ont été introduites dans la liste de câblage (voir les traits bleus en page 10).

REMARQUE: les accolades "  " veulent dire que plusieurs fils sont raccordés ensemble en un même point.

Consignes pour le câblage du coffret sur la base de la liste de câblage:

- Travailler très méthodiquement en respectant scrupuleusement ce qui suit.
- **Dans le coffret, noter sur chaque pièce le nom de celle-ci** (exemple: K1 sur le contacteur de gauche et K2 sur celui de droite.
- Respecter la **section des fils, la couleur et le numéro.**
- Avant de commencer les raccordements, **observer si il y a des accolades** (les accolades veulent dire que plusieurs fils sont raccordés ensemble).
- Ne pas commencer un nouveau numéro (groupe de fils) si le précédent n'est pas terminé.
- **Mettre un visu " ✓ " sur la liste**, à la hauteur du fil qui vient d'être mis à sa place. Observer bien les positions de raccordements.

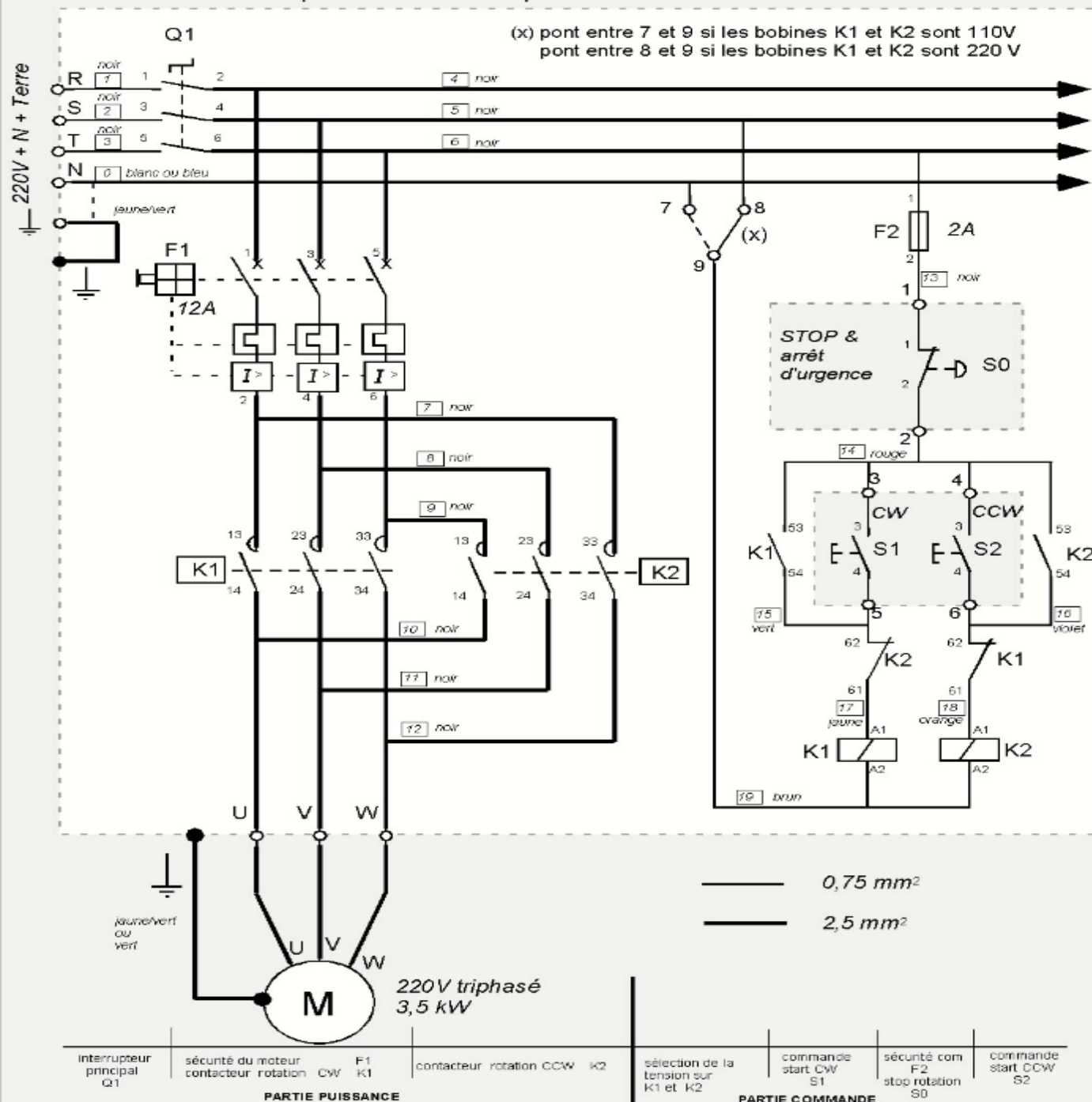
REMARQUE:

Certaines listes donnent des indications sur la technique de connexion.
(embouts, cosses, étamage, etc.)

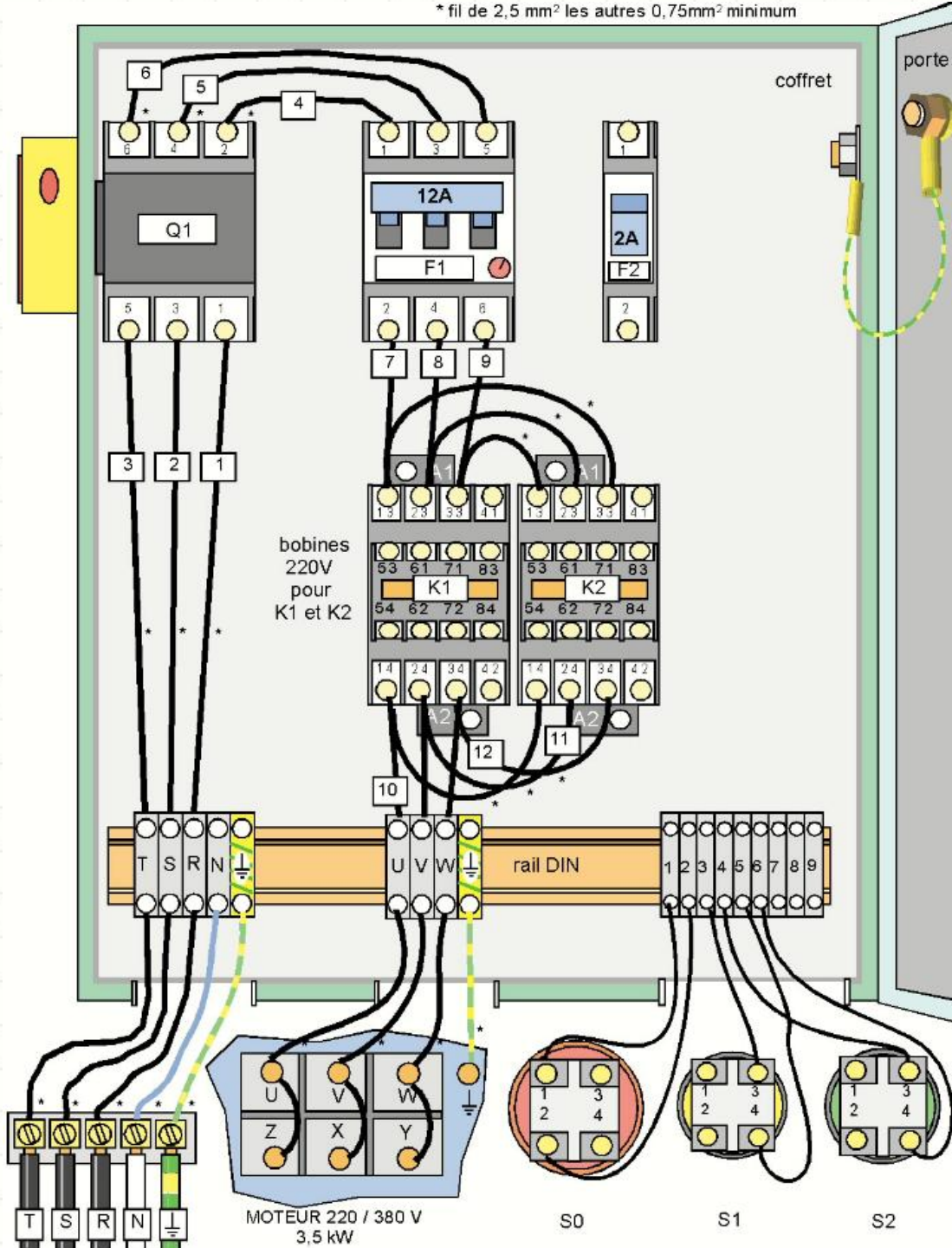
Certaines liaisons peuvent être faites par d'autres moyens que des fils

Exemples: - les parties métalliques du coffret pour les mises à la terre
 - des ponts vissés sur le bornier

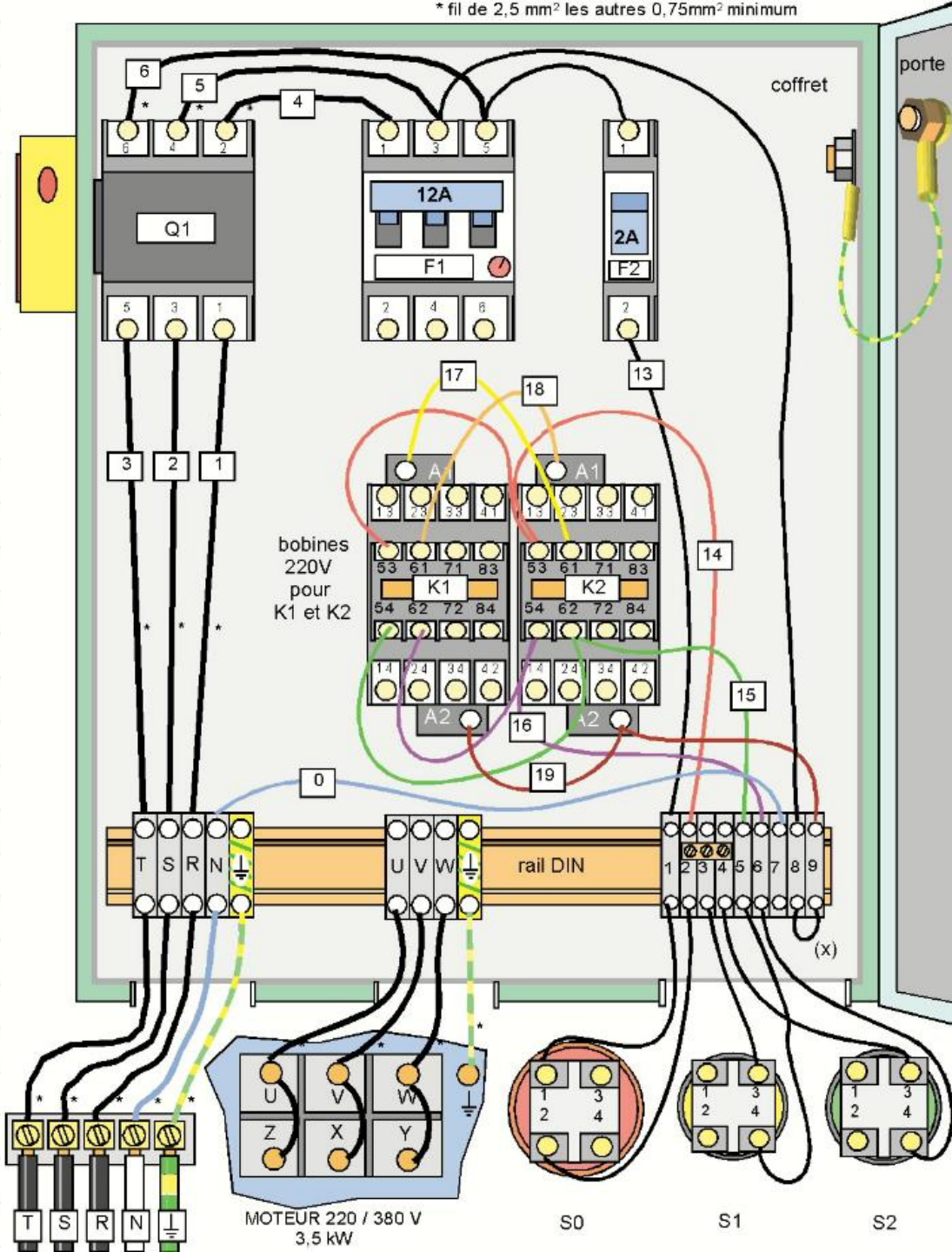
schéma électrique : commande d'un petit moteur avec choix du sens de rotation



PLAN D'IMPLANTATION CABLE: PUISSANCE



PLAN D'IMPLANTATION CABLE: COMMANDE



LE MULTIMETRE

Utilisation du multimètre.

Suivant la position du bouton tournant, le multimètre permet de mesurer :

- une tension (voltmètre)
- une intensité (ampèremètre)
- une résistance (ohmmètre).

Zone d'utilisation en **ohmmètre**
De **400Ω** à **40 MΩ**

Bouton de sélection de fonctions

Zone d'utilisation en **voltmètre** en
tension **alternative** (4 à 600V)

Zone d'utilisation en **voltmètre** en
tension **continue** (40 mV à 600V)

Sélecteur de fonctions
Position arrêt

Zone d'utilisation en **ampèremètre**
en courant **alternatif** ou en courant
continu (choix par appui sur le
bouton de sélection de fonctions).
400μA à **400 mA** maxi
4 à **10A**

Zone d'utilisation en **test de**
continuité ou **test de diodes**



Fonctions annexes

UTILISATION EN VOLTMETRE

Avant toute mesure, il est impératif de connaître le type et la valeur de tension à mesurer.
On place alors le bouton tournant sur la position de la tension à mesurer.

UTILISATION EN OHMMETRE

Pour mesurer la continuité d'un circuit électrique, il est impératif d'isoler le circuit à contrôler.

Exemple : si on veut mesurer la continuité d'un bouton poussoir à ouverture, il faut débrancher les fils raccordés sur une des bornes du bouton poussoir avant d'effectuer la mesure.

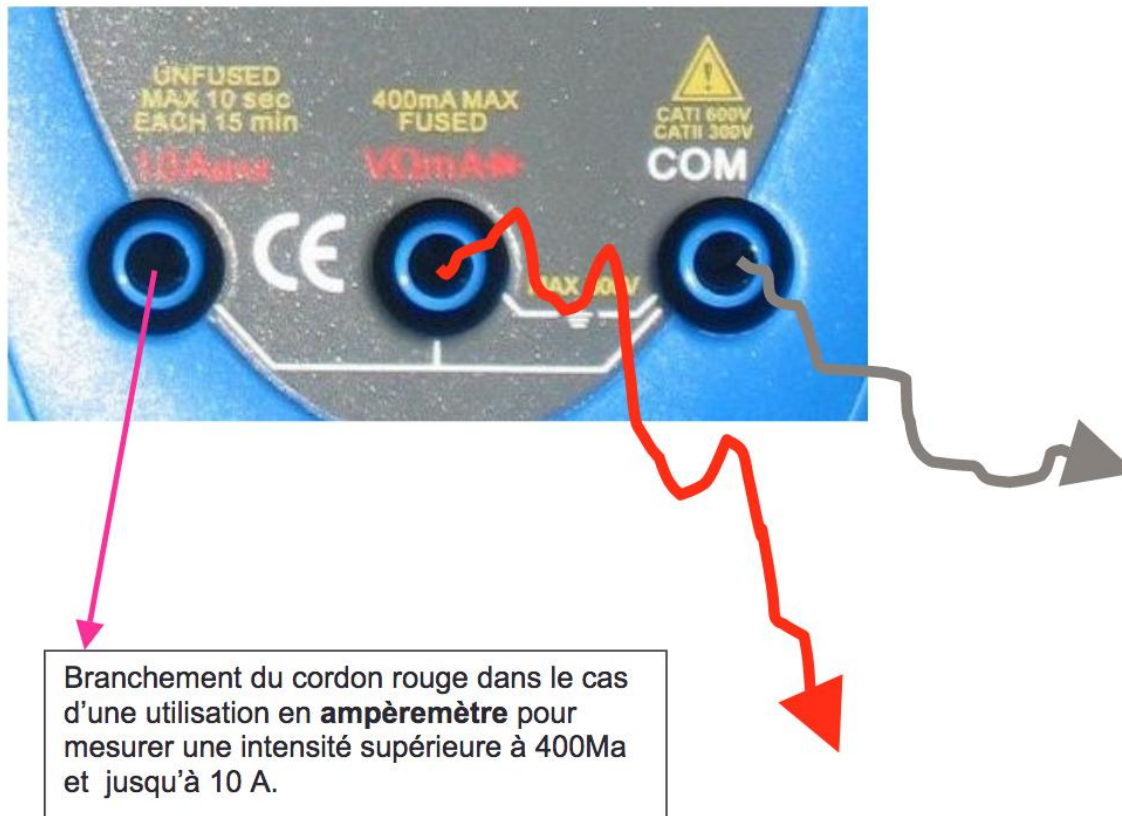
Pour mesurer la résistance d'un circuit, il est impératif d'isoler le circuit à contrôler. On change alors de calibre dans la zone ohmmètre, jusqu'à ce que l'on lise la valeur de la résistance.

Si l'appareil n'affiche aucune valeur, cela veut dire que la résistance est infinie, donc que le circuit est coupé.

BRANCHEMENT DES CORDONS

Pour l'utilisation en voltmètre et en ohmmètre, le **cordon noir** se branche sur la borne **COM**,
Le cordon **rouge** sur la borne **V/Ω**.

La mesure se fait entre les 2 pointes de touche des cordons.

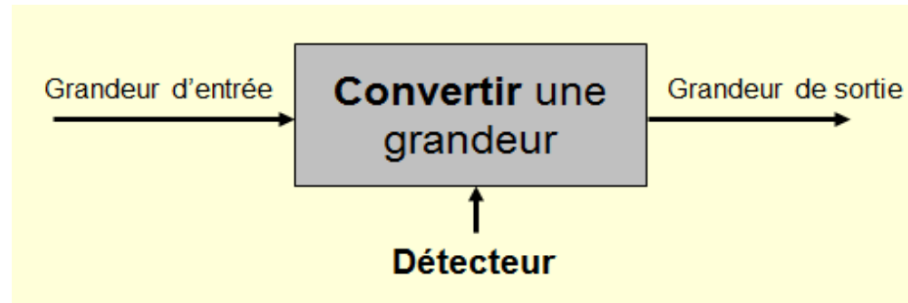


LES DETECTEURS

PRESENTATION

Pour assurer sa fonction la partie commande doit être renseignée sur l'état de la partie opérative. Le détecteur est le moyen technologique qui permet d'acquérir l'état du système dans lequel il est installé.

Le détecteur détecte la grandeur d'entrée à l'aide d'un élément sensible puis convertit l'information d'entrée en une grandeur de sortie directement traitable par la partie commande



Exemple

Exemples de grandeurs d'entrée

- Présence
- Température
- Pression
- Vitesse
- Tension

Exemple

Exemples de grandeurs de sortie:

- Pneumatique
- Hydraulique
- Électrique (tension, intensité, résistance, ...)

LES DIFFERENTES FAMILLES DE DETECTEURS

Les détecteurs sont classés suivant le signal délivré à leur sortie en trois familles :

- Détecteur **analogique** :

La sortie peut prendre toutes les valeurs entre une valeur mini et une valeur maxi (Ex : Tension proportionnelle à la température)

- Détecteur **numérique** :

La sortie évolue sous forme de nombres entiers représentés de manière informatique (Ex : 10V -> 1001110111110101)

- Détecteurs **Tout Ou Rien** :

La sortie peut prendre deux états par rapport à la grandeur détectée (Vrai ou Faux)

TYPE FIN DE COURSE

- Utilisation

Les détecteurs mécaniques de position, appelés aussi **interrupteurs de position**, sont surtout employés dans les systèmes automatisés pour assurer la fonction détecter les positions. On parle aussi de **détecteurs de présence**.

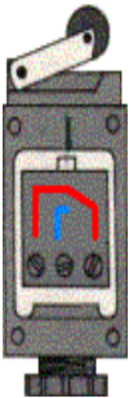
Ils sont réalisés à base de microcontacts placés dans un corps de protection et muni d'un système de commande ou tête de commande.

- Principe de fonctionnement

C'est un commutateur, commandé par le déplacement d'un organe de commande (corps d'épreuve).

Lorsque le corps d'épreuve est actionné, il ouvre ou ferme un contact électrique.

De nombreux modèles peuvent être associés au corps : tête à mouvement rectiligne, angulaire ou multidirection associée à différents dispositifs d'attaque (à poussoir, à levier, à tige).

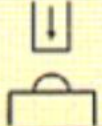
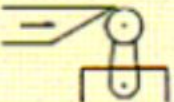
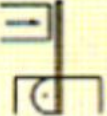


CHOIX

Le choix de la tête de commande et du dispositif d'attaque peuvent être associés au corps : tête à mouvement rectiligne, angulaire ou multi direction associée à différents dispositifs d'attaque (à poussoir, à levier, à tige, etc.).

La tête de commande et le dispositif d'attaque sont déterminés à partir de :

- la forme de l'objet : came 30°, face plane, forme quelconque, etc.
- la trajectoire de l'objet : frontale, latérale, multidirectionnelle, etc.
- la précision de guidage.

Caractéristiques de l'application	Tête de commande et dispositif d'attaque conseillés	
Présence de l'objet en butée mécanique		Rectiligne à poussoir
- Came à 30° - Guidage précis <1 mm - Trajectoire linéaire		Rectiligne à levier à galet ou à poussoir à galet
- Came à 30° - Guidage peu précis ~ 5 mm		Angulaire à levier à galet
- Cible à face plane ou cylindrique - Trajectoire linéaire ou angulaire - Guidage imprécis ~10 mm		Angulaire à tige
- Cible de forme quelconque - Trajectoire multidirectionnelle - Guidage > à 10 mm		Multi-directionnel

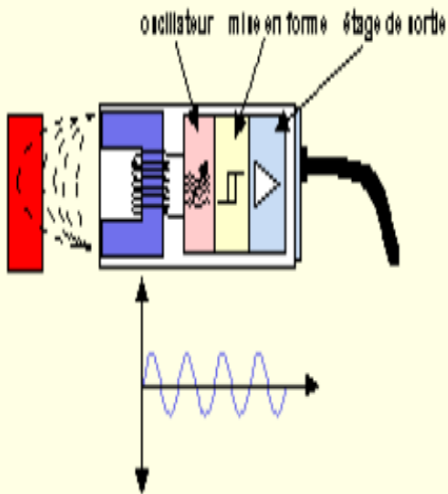
Avantages :

- sécurité de fonctionnement élevée : fiabilité des contacts et manœuvre positive d'ouverture
- bonne fidélité sur les points d'enclenchement (jusqu'à 0,01 mm)
- séparation galvanique des circuits
- bonne aptitude à commuter les courants faibles, combinée à une grande endurance électrique
- tension d'emploi élevée
- mise en œuvre simple, fonctionnement visualisé
- grande résistance aux ambiances industrielles
- détection de tout objet solide
- facilité d'installation

Inconvénient :

- En contact avec le produit à détecter

LES DETECTEURS INDUCTIFS



Principe des détecteurs inductifs

Utilisation

Les détecteurs de proximité inductifs permettent de détecter sans contact des objets métalliques à une distance de 0 à 60 mm.

Ils se retrouvent dans des applications très variées telles que la détection de position des pièces de machines (cames, butées, ...), le comptage de présence d'objets métalliques, ...

Principe de fonctionnement

Un détecteur inductif détecte exclusivement les objets métalliques.

Il est essentiellement composé d'un oscillateur dont les bobinages constituent la face sensible.

Les capteurs inductifs produisent à l'extrémité de leur tête de détection un champ magnétique oscillant. Ce champ est généré par une inductance et un condensateur montés en parallèle.

Lorsqu'un corps conducteur métallique est placé dans ce champ, des courants de Foucault prennent naissance dans la masse du métal ; il y a perturbation de ce champ qui entraîne une réduction de l'amplitude des oscillations au fur et à mesure de l'approche de l'objet métallique, jusqu'à blocage complet.

Cette variation est exploitée par un amplificateur qui délivre un signal de sortie, le capteur commute.

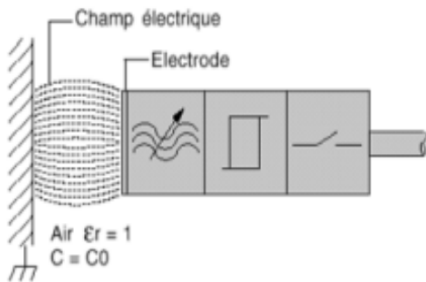
Avantages

- pas de contact physique avec l'objet détecté : possibilité de détecter des objets fragiles, fraîchement peints
- pas d'usure, durée de vie indépendante du nombre de manœuvres
- détecteur statique, pas de pièces en mouvement
- produit entièrement encapsulé dans la résine (étanche)
- très bonne tenue à l'environnement industriel (atmosphère polluante)

LES DETECTEURS CAPACITIFS

Utilisation

Cette technologie permet la détection de tous les types de matériaux conducteurs et isolants tels que verre, huile, bois, plastique, etc.

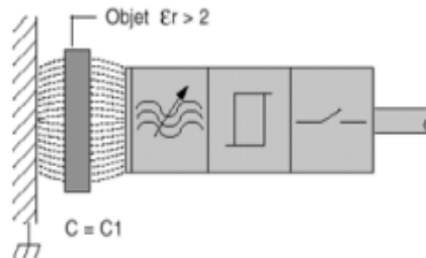


Principe de fonctionnement

Les détecteurs de proximité capacitifs sont conçus pour fonctionner par création d'un champ électrostatique et par détection des modifications de ce champ créées par une cible approchant de la face de détection.

Ce type de détecteur est recommandé quand :

- Les distances de détection sont relativement faibles.
- Les conditions de montage nécessitent la noyabilité du détecteur.
- On doit effectuer la détection d'un matériau non conducteur à travers une paroi elle-même non conductrice (exemple : détection de verre à travers un emballage en carton).



Avantages

- pas de contact physique avec l'objet détecté : possibilité de détecter des objets fragiles, fraîchement peints
- pas d'usure, durée de vie indépendante du nombre de manœuvres
- détecteur statique, pas de pièces en mouvement
- produit entièrement encapsulé dans la résine (étanche)
- très bonne tenue à l'environnement industriel (atmosphère polluante)

LES DETECTEURS PHOTOELECTRIQUES

Introduction

Ces détecteurs utilisent un faisceau de lumière pour détecter les objets. Ils sont constitués d'un émetteur (E) de lumière infrarouge (IR) et d'un récepteur (R) sensible à la lumière IR

Avantages

- pas de contact physique avec l'objet détecté
- détection d'objets de toutes formes et de matériaux de toutes natures
- détection à très grande distance
- sortie statique pour la rapidité de réponse ou sortie à relais pour la commutation de charges jusqu'à 2 A
- généralement en lumière infrarouge invisible, indépendante des conditions d'environnement

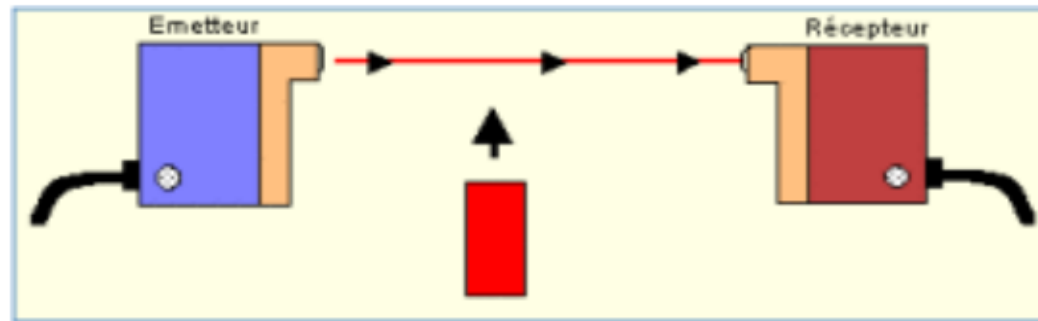
Détections

- tout objet
- dépend de l'opacité et de la réflexion de l'objet

Portée de détection

- jusqu'à plusieurs mètres
- dépend du système employé

SYSTEME BARRAGE



Système barrage

L'émetteur et le récepteur sont séparés et alignés

L'objet qui coupe le faisceau est détecté

C'est le système qui autorise les plus longues portées, jusqu'à 30 m pour certains modèles.

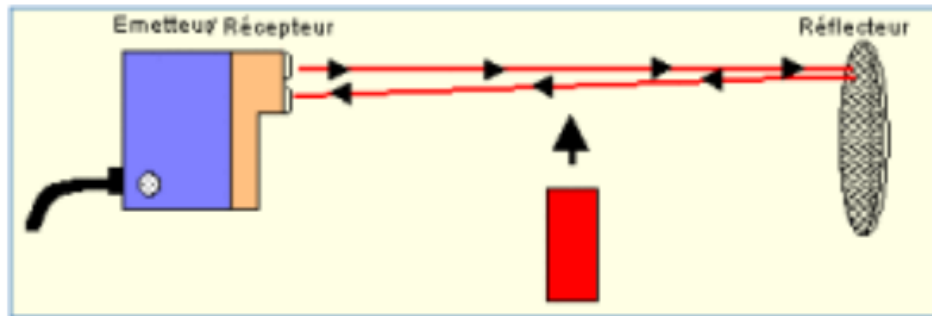
Le faisceau est émis en infrarouge.

A l'exception des objets transparents qui ne bloquent pas le faisceau lumineux, il peut détecter des objets de toutes natures (opaques, réfléchissants ...)

Ils sont de ce fait particulièrement bien adaptés aux environnements pollués (fumées, poussières, emplacements soumis aux intempéries, etc.).

L'alignement entre émetteur et récepteur doit être réalisé avec soin.

SYSTEME REFLEXE



Système réflex

L'émetteur et le récepteur sont dans le même boîtier, le faisceau est réfléchi par un réflecteur.

L'objet qui coupe le faisceau est détecté

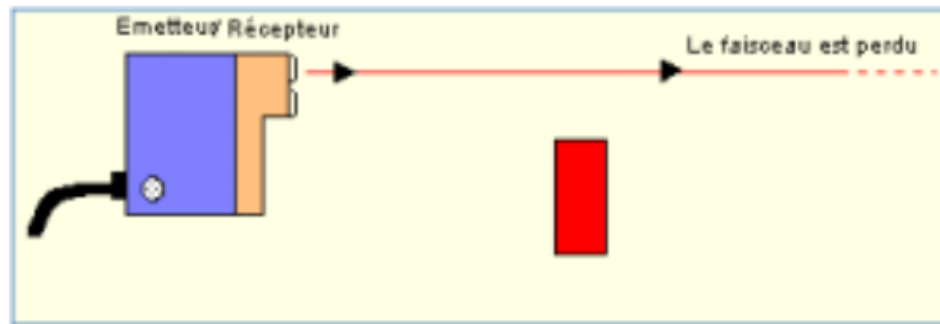
En l'absence de cible, le faisceau émis en infrarouge par l'émetteur est renvoyé sur le récepteur par un réflecteur. Celui-ci est constitué d'une multitude de trièdres tri-rectangles à réflexion totale et dont la propriété est de renvoyer tout rayon lumineux incident dans la même direction. La détection est réalisée lorsque la cible bloque le faisceau entre l'émetteur et le réflecteur.

La portée nominale d'un détecteur photoélectrique reflex est de l'ordre de deux à trois fois inférieure à celle d'un système barrage.

Remarque

C'est un système qui n'est pas adapté pour la détection d'objets réfléchissants qui pourraient renvoyer une quantité plus ou moins importante de la lumière sur le récepteur.

SYSTEME DE PROXIMITE



Système de détection de proximité

Comme pour le système reflex, émetteur et récepteur sont regroupés dans un même boîtier. Le faisceau lumineux, émis en infrarouge, est renvoyé vers le récepteur par tout objet suffisamment réfléchissant qui pénètre dans la zone de détection. La portée d'un système proximité est inférieure à celle d'un système reflex. Pour cette raison, son utilisation en environnement pollué est déconseillée.

Cette portée dépend :

- de la couleur de la cible et de son pouvoir réfléchissant (un objet de couleur claire est détecté à une distance plus grande qu'un objet de couleur sombre),
- des dimensions de la cible (la portée diminue avec les dimensions).

Remarque

Les détecteurs proximité sont souvent équipés d'un potentiomètre de réglage de la sensibilité. Pour une distance donnée cible/émetteur, la détection d'une cible moins réfléchissante nécessite d'augmenter la sensibilité.

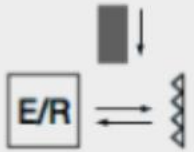
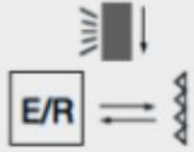
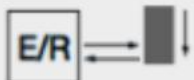
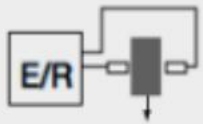
Ceci peut entraîner une détection de l'arrière-plan si celui-ci est plus réfléchissant que la cible.

L'emploi d'un **système proximité avec effacement de l'arrière-plan** assure dans ce cas la détection de la cible seule.

CHOIX DES DETECTEURS PHOTOELECTRIQUES

Le principaux critères de choix :

- Le type de détection
- La portée
- la tension d'alimentation
- la forme du boîtier
- la charge à commander
- le **raccordement**  (de 2 à 5 fils)
- les fonctions complémentaires (fonction claire ou sombre,temporisation, sortie d'alarme, ...)

Caractéristiques de l'application	Critères différenciateurs	Technologies conseillées	
Détection directe d'objets (boîtes, flacons, palettes, etc.) Détection liée à la manutention (chariots, sacs, produits en vrac...) Détection de personnes, de véhicules, d'animaux...	1 - Objet opaque et/ou surface brillante - Fidélité de commutation <1 mm - Grande portée <100 m - Ambiance polluée - Dimensions de l'objet réduites - Espace de montage suffisant		Système barrage
	2 - Objet opaque et surface non réfléchissante - Fidélité de commutation <10 mm - Portée moyenne <15 m - Objet volumineux - Ambiance propre		Système reflex
	3 - Surface de l'objet brillante		Système reflex polarisé
	4 - Objet à surface claire - Distance de détection courte (quelques cm) - Ambiance propre - L'objet peut être transparent		Système de proximité
	5 - La couleur de l'objet peut être variable - Présence d'un arrière-plan		Système de proximité à effacement de l'arrière-plan
Détection directe de pièces machine ou d'objets	- Objet très petit (quelques mm) - Espace disponible faible - Fidélité de commutation élevée (< 1 mm) - Ambiance propre		Système à fibres optiques

CHOIX DES DETECTEURS

Déterminer la famille de détecteur adaptée à l'application (en s'aidant d'un organigramme de choix)

Trouver la référence du détecteur qui convient dans la famille choisie précédemment en tenant compte de :

- les conditions d'exploitation, caractérisées par la fréquence de manœuvres, la nature, la masse et la vitesse du mobile à contrôler, la précision et la fidélité exigées,
- ou encore l'effort nécessaire pour actionner le contact
- la nature de l'ambiance, humide, poussiéreuse, corrosive, ainsi que la température
- le niveau de protection recherché contre les chocs, les projections de liquides
- le nombre de cycles de manœuvres
- la nature du circuit électrique
- le nombre et la nature des contacts
- la place disponible pour loger, fixer et régler l'appareil

