TopAutomation

Automatisation pour
les automaticiennes et automaticiens, les monteuses-automaticiennes et monteurs-automaticiens

Edition avec les solutions



3

Exemplaire

Editions Swissmem

SWISSMEM
Formation professionnelle

Editeur: Editions Swissmem

Intitulé: «TopAutomation» Volume 3
Unités de formation pour les automaticiennes et automaticiens,
les monteuses-automaticiennes et monteurs-automaticiens

Direction du projet Michael Kummer, Swissmem Formation professionnelle

Maquette et
conception graphique Bruno Burger, Swissmem Formation professionnelle

Auteurs Urs Gasser
Jürg Hofer
Peter Meier-Herzog
Stefan Schmid
Markus Zanetti

Version: 2e édition 2020
Copyright © by Editions Swissmem, Zürich et Winterthur
Impression: imprimé en Suisse

ISBN: 978-3-03866-325-6

Commandes: Swissmem Formation professionnelle
Brühlbergstrasse 4
CH-8400 Winterthur
Téléphone +41 52 260 55 55
Téléfax +41 52 260 55 59
vertrieb.berufsbildung@swissmem.ch
www.swissmem-berufsbildung.ch

Pour des propositions d'amélioration, corrections ou remarques:
https://www.swissmem-berufsbildung.ch/feedback-tool

Droits d'auteur: Tous droits réservés. Cet ouvrage et ses différentes parties sont protégés par des droits d'auteur. Toute utilisation autre que celles prévues par la loi doit faire l'objet d'une autorisation écrite de la part de l'éditeur.

Test de lecture

Dans l'industrie des machines, des équipements électriques et des métaux (industrie MEM), les installations de production destinées à une clientèle internationale sont développées et fabriquées sur la base d'un cahier des charges. Ce travail requiert des connaissances approfondies de la construction d'installations dans sa globalité. Le guide méthodique **TopAutomation** dispense aussi bien les bases techniques que les aspects écologiques et de sécurité.

Ce guide méthodique couvre la partie scolaire de la profession d'automaticien-ne CFC de quatre ans dans sa totalité. Il est, comme cela a été souhaité, conçu sur la base du catalogue des compétences-ressources (CoRe; début d'apprentissage 2016) de la profession d'automaticien-ne CFC. La numérotation des chapitres correspond au CoRe. Les contenus comportent aussi bien les parties théoriques que des exemples pratiques.

Pour faciliter la recherche des thèmes, ce guide méthodique comporte, outre la table des matières, un index par mots-clés. Ce guide méthodique est complété à la fin par une description plus détaillée du CoRe.

Certains contenus peuvent également être utilisés pour la profession de monteur-automaticien/monteuse-automaticienne CFC de trois ans.

Nous vous remercions d'avoir opté pour ce guide méthodique axé sur la pratique pour l'enseignement professionnel et vous souhaitons beaucoup de plaisir et de réussite.

Test de lecture

Test de lecture

3.1 Bases de commandes **7**
3.1.1 Classification, terminologie 7
3.1.2 Composants logiques de base 16
3.2 Commandes électriques **25**
3.2.1 Organes de commande et de signalisation 25
3.2.2 Capteurs 28
3.2.3 Organes de commande 53
3.2.4 Etablissement de schémas 60
3.2.5 Fonctions des commandes 72
3.3 Commandes pneumatiques et combinées **79**
3.3.1 Transmetteurs de signaux, organes de commande et de réglage 79
3.3.2 Etablissement de schémas et d'organigrammes 98
3.3.3 Fonctions des commandes 109
3.4 Commandes programmables (API) **115**
3.4.1 Systèmes de numération 115
3.4.2 Terminologie informatique 124
3.4.3 Structure et principe de fonctionnement 127
3.4.4 Etablissement de programmes et de documentations 136
3.4.4.1 Possibilités de programmation d'un API 136
3.4.4.2 Commande séquentielle simple selon Grafcet ou CEI 61131-3 162
3.4.4.3 Programmation d'un graphe séquentiel à l'aide du logiciel Siemens S7-Graph 176
3.4.5 Fonctions des commandes 200
3.4.6 Sécurité fonctionnelle des commandes de machines 207
3.4.7 Technologies de réseau 224
3.5 Technique de réglage **233**
3.5.1 Systèmes asservis 233
3.5.2 Dispositifs de réglage 238
3.5.3 Choix du régulateur et réglage du régulateur 248
3.6 Enseignement individuel automatisation **255**
3.6.1 Approfondissement systèmes d'automatisation 255
3.6.1.1 Régler des régulateurs 255
3.6.1.2 Importance de la synchronisation et de la signalisation à l'aide d'un exemple pratique 259
Index par mots-clés **275**
Catalogue des compétences-ressources **277**

Test de lecture

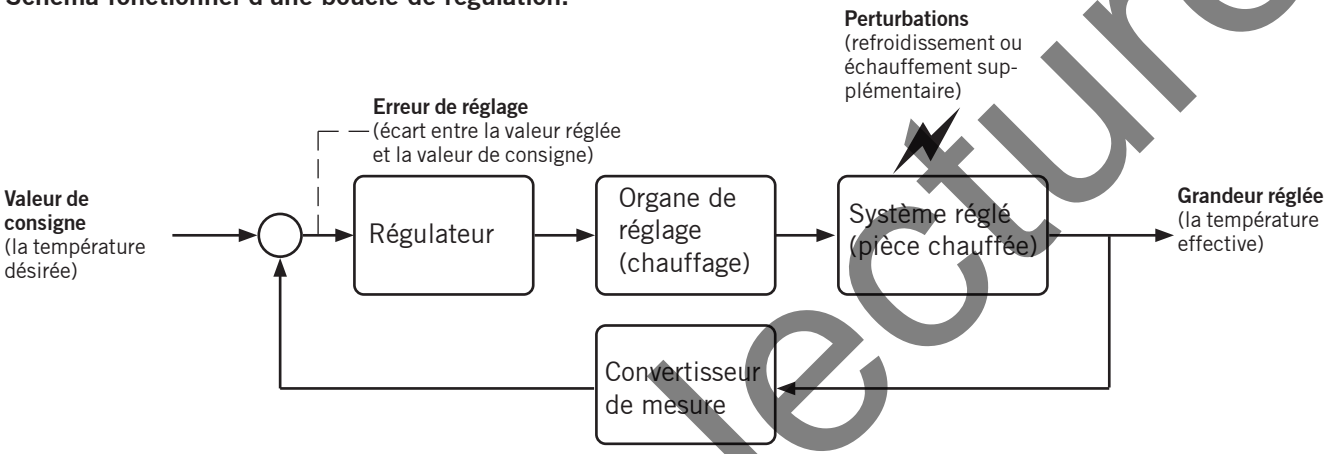
Test de lecture

3.1.1 Classification, terminologie

Une régulation peut être décrite comme suit: on cherche à maintenir constante une grandeur physique appelée grandeur réglée à une valeur désirée appelée consigne. La régulation est la comparaison continue entre la grandeur réglée et la consigne, et la variation de l'apport en énergie pour que la valeur effective, la grandeur à régler, s'approche le plus possible de la valeur de consigne, de la valeur souhaitée. Dans cette régulation, les effets des perturbations sont réduits.

La valeur de consigne est également appelée grandeur de référence. L'écart entre la grandeur réglée et la consigne est appelé écart de réglage, différence de réglage ou erreur. La „variation de l'apport en énergie“ est assurée par l'organe de réglage. Les perturbations sont également appelées grandeurs perturbatrices. Celles-ci agissent sur le système à régler depuis l'extérieur. La grandeur à régler est également appelé système à régler.

Schéma fonctionnel d'une boucle de régulation:



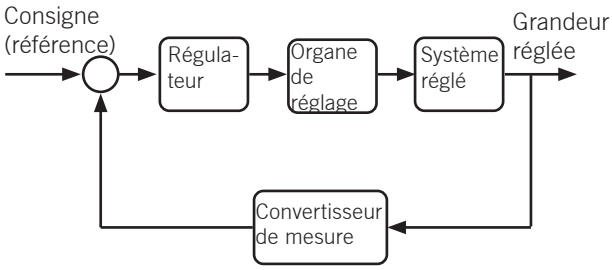
Différencier un asservissement d'une régulation

Dans le langage familier, les termes asservissement ou commande et régulation sont souvent confondus. Pour cette raison, il est important de bien connaître leur définition avant de s'intéresser à la technique de réglage proprement dite.

Schéma fonctionnel d'une commande



Schéma fonctionnel d'une régulation



Caractéristique: boucle de régulation ouverte	**Caractéristique: boucle de régulation fermée**
Il n'y a pas de boucle de contrôle entre l'entrée et la sortie du système, ni de retour d'information. La grandeur réglée n'est pas comparée à la consigne. Les perturbations dans le système commandé peuvent modifier la valeur de sortie et ne sont pas corrigées.	La grandeur réglée est mesurée, contre-réactionnée et comparée à la consigne. Les perturbations (d'origine externe) du système réglé sont compensées par le régulateur.
Exemples de commandes:	**Exemples de régulations**:
• Thermoplongeur • Réservoir alimenté par une source • Fréquence de rotation d'un moteur asynchrone • Vitesse d'une moto (contrôlée avec la manette des gaz)	• Chauffage avec capteur de température • Réservoir avec capteur de niveau • Fréquence de rotation d'un moteur avec mesure du régime-moteur • Voiture avec capteur de vitesse (régulateur de vitesse)

Test de lecture

Notez ci-après la différence entre les exemples de commandes et de régulations et les éléments qu'il conviendrait d'ajouter pour la régulation.

Devoir 1: thermoplongeur ↔ chauffage avec capteur de température

- Le thermoplongeur n'a pas de sélecteur de température. La température augmente en fonction de la quantité d'eau et de la puissance, elle est limitée physiquement par la température maximale pouvant être atteinte par l'eau.
- Le chauffage avec capteur de température permet de maintenir constante la température.

Devoir 2: réservoir alimenté par une source ↔ réservoir avec capteur de niveau

- Le niveau de remplissage du réservoir varie en fonction de la quantité d'eau provenant de la source et celle prélevée par l'utilisateur.
- Le réservoir avec régulation du niveau de remplissage limite ou augmente l'apport en eau en fonction de la quantité prélevée par les utilisateurs en mesurant le niveau de remplissage.

Devoir 3: fréquence de rotation d'un moteur asynchrone ↔ fréquence de rotation d'un moteur avec mesure du régime-moteur

- La fréquence de rotation d'un moteur asynchrone dépend de la charge. La fréquence de rotation diminue à mesure que la charge augmente.
- Avec une mesure du régime-moteur et un régulateur avec organe de réglage, la fréquence de rotation reste constante quelle que soit la charge.

Devoir 4: vitesse d'une moto ↔ voiture avec régulateur de vitesse

Le conducteur de la moto doit ajuster en permanence la vitesse sur la manette des gaz.
Avec un régulateur de vitesse (tempomat), une vitesse préréglée est maintenue constante de manière automatique.

Test de lecture

Le travail du régleur

Le régleur a pour tâche de sélectionner la solution appropriée pour une application donnée parmi un vaste choix de régulateurs et le régler de manière optimale. Un régulateur est réglé de manière optimale lorsque la grandeur réglée (température, fréquence de rotation, niveau de remplissage...) reste aussi constante que possible en cas de perturbations et atteint la valeur de consigne souhaitée le plus rapidement et le plus précisément possible.

Pour résoudre cette tâche, le régleur doit d'abord comprendre le comportement technique (compréhension du processus) du système à régler. Sans cette compréhension du processus, il est inutile de vouloir concevoir une régulation avec des méthodes conventionnelles de la technique de régulation! Les questions suivantes doivent être clarifiées:

- Quel est le paramètre, la grandeur à régler?
- Comment le système réagit-il aux variations de l'élément de réglage ou aux perturbations?
- Comment régler le système?
- Quelles perturbations pourraient survenir et sous quelle forme?
- Quelle est la précision souhaitée de la régulation, et pour quel prix?

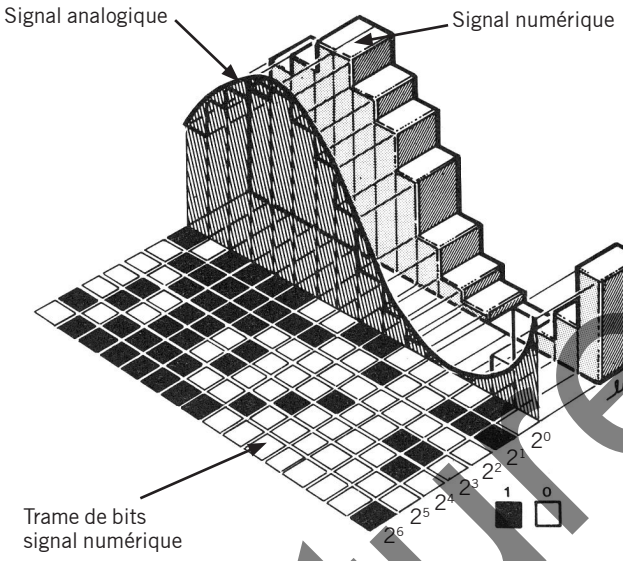
Pour les quatre systèmes de réglage suivants, répondez aux questions ci-après:

	Que faut-il régler?	Comment détecter la grandeur?	Perturbations possibles	Précision souhaitée
Température	Température ambiante	Capteur de température	Fenêtre	±0.5°C
Réservoir	Niveau d'eau	Capteur de niveau	Soutirage (prélèvement d'eau	±0.03 m
Fréq. rotation	Fréquence de rotation du moteur	Compte-tours	Variations de charge	±10 t/min
Vitesse	Vitesse par l'apport d'énergie	Compteur de vitesse	Montée, descente	±2 km/h

Test de lecture

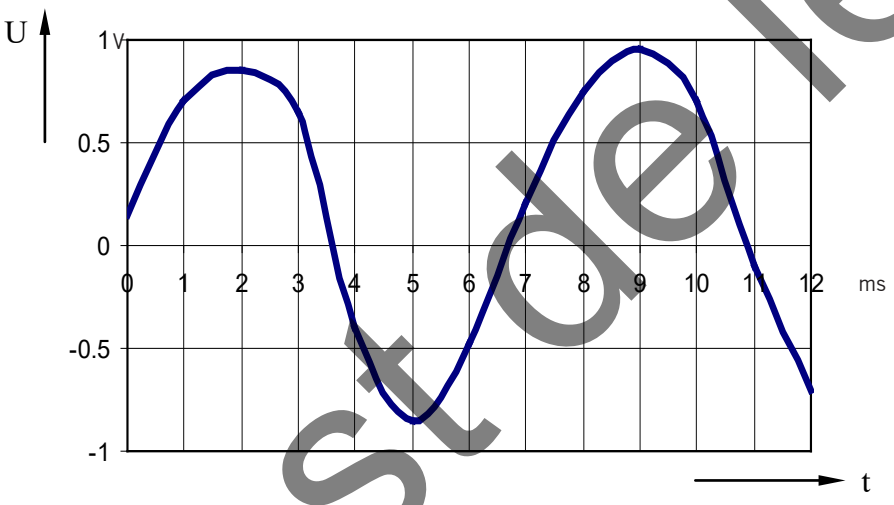
COMPARAISON ANALOGIQUE <-> NUMÉRIQUE

Les bases théoriques de la technique numérique reposent sur des réflexions logiques et existent depuis plusieurs siècles.
Au 19e siècle déjà, plusieurs scientifiques dont Gottfried Wilhelm Leibniz (1704), Augustus de Morgan (1847), George Boole (1854) et John Venn (1894) ont développé des systèmes permettant la résolution algébrique de problèmes logiques. A cette époque, cette branche faisait partie du domaine de la philosophie, c'est-à-dire de la logique pure.
Il a toutefois fallu attendre l'invention du transistor pour que la technique numérique devienne exploitable et prenne son envol en donnant naissance aux premiers gros ordinateurs (Big Blue). Aujourd'hui, la production de puces ultra-modernes avec des centaines de milliers de transistors sur une surface d'un timbre-poste permet la fabrication d'ordinateurs (PC) bon marché dotés d'une puissance de calcul énorme et d'une gigantesque capacité de stockage.



Définition du terme ANALOGIQUE

Une information analogique est un signal (p.ex. une tension électrique), qui varie de manière continue en fonction du temps.

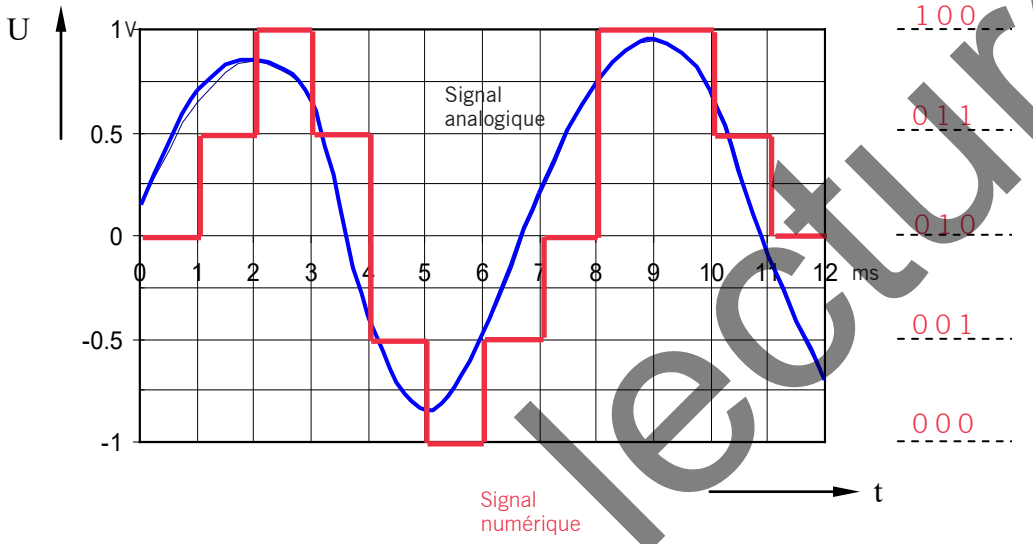


Test de lecture

Définition du terme NUMÉRIQUE

Un signal numérique est un signal discret (discontinu) qui suit une cadence imposée par une horloge. On connaît sa valeur uniquement à certains instants (cadence d'horloge).
Par un codage approprié, un signal numérique peut être converti en une représentation binaire.
Dessinez le signal analogique représenté ci-dessous sous forme numérique. La base de temps est de 1 ms et le pas de quantification de la tension de 0,5 V. Lorsque le signal à reporter atteint la moitié du pas de quantification de la tension, il passe à l'échelon supérieur.

Solution:

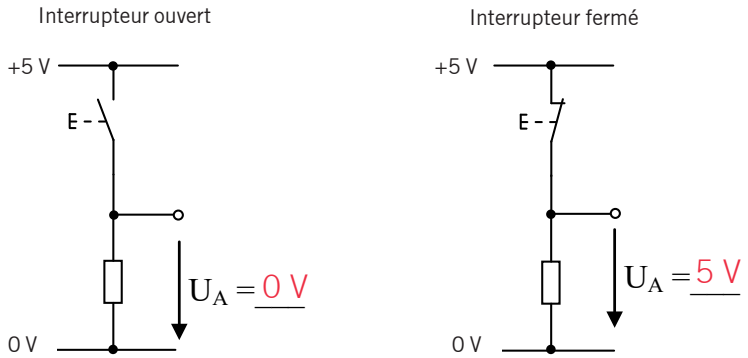


Test de lecture

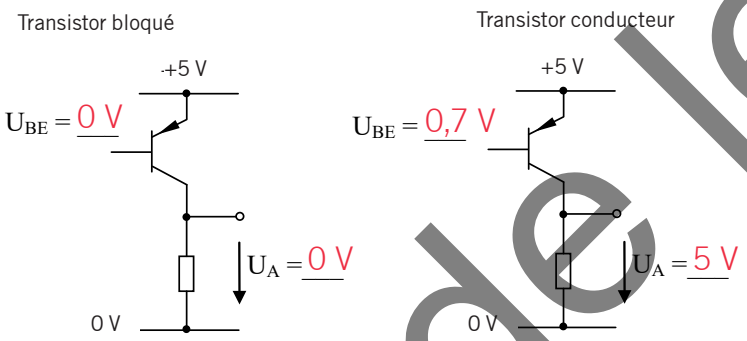
Génération d'un signal binaire

Des impulsions numériques peuvent être générées au moyen d'éléments de circuits électroniques qui peuvent uniquement prendre deux états. Exemples:

Complétez les circuits avec les signaux correspondants:

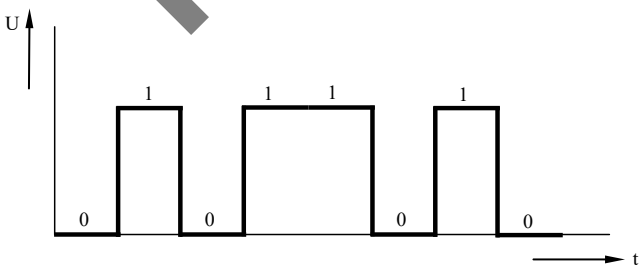


Complétez les circuits avec les signaux correspondants:



Les deux états de commutation possibles (valeurs binaires) sont désignés avec l'état logique «0» et «1» et représentent de ce fait la plus petite unité d'information:
«0» = absence de tension
«1» = tension présente
ils sont appelés «bit» (binary digit).

Exemple d'une transmission sérielle de données:



Citez quelques applications de la technique numérique:

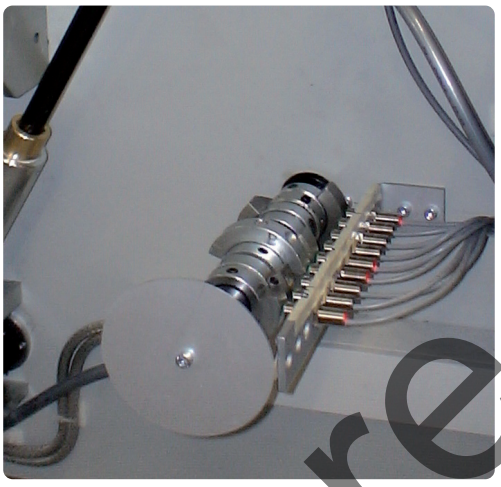
- Technique d'ordinateur
- Installations de signalisation
- Technique de commande
- Technique de communication
- Ingénierie de la sécurité (serrure à code)
- Microprocesseur
- Réseaux
- Commande de trains miniatures
- Technique audio (CD)
- Technique vidéo (DVD)

Test de lecture

Unités périphériques d'entrée et de sortie

Aujourd'hui, que ce soit au travail ou à la maison, nous utilisons une multitude de commandes. Les machines à café, les mécanismes d'ouverture et de fermeture des portes de garage, les commandes de signalisation dans le monde du transport (tram, chemin de fer, voiture), les ascenseurs, les installations de production, etc. sont tous pilotés par des commandes.
Toutes les commandes reposent sur le principe de fonctionnement de base ETS utilisé depuis longtemps dans le secteur de la construction des machines. Cette abréviation signifie:

E ≙ Entrée
T ≙ Traitement
S ≙ Sortie



Transducteur sous la forme d'un capteur de position

Attribuez un maximum de termes à chaque bloc fonctionnel:

Entrée	Traitement	Sortie
Boutons-poussoirs	Combinaisons logiques	Contacteurs
Commutateurs	Mémorisation	Relais
Détecteurs de fin de course	Temporisation	Transistors
Capteurs de pression	Comptage	Thyristors
Pressostats		Electrodistributeurs
Capteurs de niveau		Servomoteurs
		Moteurs d'entraînement

Test de lecture

Symboles et lettres codes

Tandis que les dessins de construction montrent la forme et les dimensions des pièces représentées, les dessins électrotechniques (schémas électriques) indiquent la **fonction** des matériels représentés. Les **symboles** utilisés pour la représentation sont normalisés selon CEI et ISO/DIN afin de faciliter une identification simple et précise.

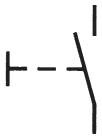
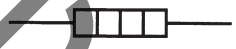
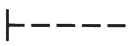
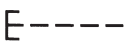
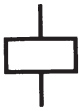
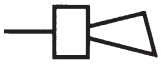
Dans les schémas électriques et les appareils, les matériels sont repérés par un code alphanumérique, c'est-à-dire par des lettres codes et des numéros de comptage, p.ex. -Q1, -R1 ou -I1.

Les **lettres codes** indiquent le type d'objet, p.ex. M pour les moteurs.

Les numéros de comptage sont inscrits après la **lettre code.** Ils permettent de différencier des matériels identiques à l'intérieur d'une installation, p.ex. lampe témoin -P1 ou -P2 ou relais -K1 ou -K2.

Dans les documents de câblage et dans les installations électriques, les matériels doivent être désignés sans ambiguïté et de manière conforme.

Complétez la désignation des symboles ci-après à l'aide d'un formulaire:

	élément galvanique (trait long: pôle positif, trait court: pôle négatif)		Terre de protection
	Contact de fermeture commande manuelle		Résistance réglable
	Contact à ouverture commande manuelle		Elément chauffant
	Commande manuelle, cas général		Lampe de signalisation, lampe, symbole général
	Commande par poussoir		Diode à semi-conducteur
	Commande pour «manœuvre positive»		Relais, contacteur, symbole général
	Interrupteur agissant par effet thermique direct, par exemple, bilame		Avertisseur sonore, klaxon
	Fusible, symbole général		Moteur à courant continu

Test de lecture

Complétez les lettres codes à l'aide du tableau „Classes d'objets en fonction de leurs objectifs ou de leurs tâches et lettres codes associées“ en page <?>.

A	Ecran tactile	**P**	Lampe de signalisation, instrument de mesure, haut-parleur, klaxon
B	Transducteur de mesure, capteur, relais de surcharge thermique	**Q**	Disjoncteur de puissance, contacteur de puissance, thyristor
C	Condensateur, disque dur, RAM	**R**	Résistance, limiteur, inductance
E	Lampe, radiateur, laser, réfrigérateur	**S**	Bouton-poussoir, interrupteur de commande, commutateur
F	Fusible, disjoncteur de canalisation, déclencheur de surcharge	**T**	Amplificateur, transformateur, redresseur, convertisseur alternatif/continu
G	Générateur de signal, pile, cellule photovoltaïque	**U**	Isolateur, dispositif de portage de câbles
K	Relais, contacteur auxiliaire, relais temporisé	**W**	Jeu de barres, guide d'ondes, fibre optique, conducteur
M	Moteur électrique, bobine de commande, actionneur	**X**	Connecteur, prise mobile à fiche mâle, raccord soudé

Test de lecture

3.1.2 Composants logiques de base

Fonctions logiques de base

Notion de la fonction

Pour le traitement des valeurs de signaux binaires dans des circuits numériques, quelques fonctions logiques de base (appelées portes) suffisent. Les portes sont des circuits qui combinent les signaux présentés à leurs entrées et génèrent une tension de sortie.

Ces combinaisons logiques peuvent être décrites par 4 représentations différentes:

– **le symbole logique**
– **le schéma à contacts**
– **l'équation logique**
– **la table de vérité**

En technique numérique et en algèbre de Boole, il existe uniquement trois fonctions logiques de base. Il s'agit de:

Conjonction (ET)
Disjonction (OU)
Négation (NON)

Toutes les autres combinaisons de portes logiques sont réalisées à partir de ces trois fonctions de base!

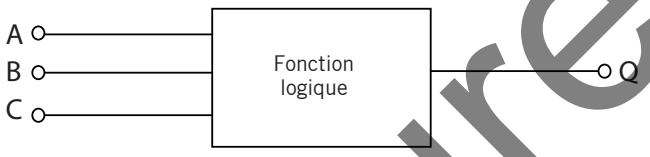
Les fonctions de base et leur représentation

Dans les pages suivantes, toutes les fonctions de base sont illustrées avec leurs 4 possibilités de représentation. Le symbole logique selon CEI aujourd'hui utilisé est complété par le symbole DIN toujours en application.

Pour les opérateurs dans les équations logiques (algèbre de Boole), les deux notations suivantes sont usitées:

		CEI		DIN
ET	⇒	∧ (∩)	ou	•
OU	⇒	∨ (∪)	ou	+

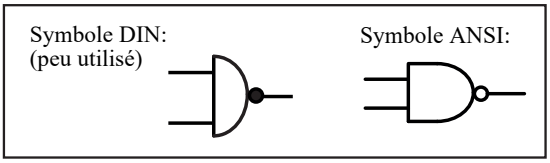
L'association de fonctions logiques à des variables binaires d'entrée, A, B, C, etc., permet d'établir des relations entre elles. La valeur de la variable de sortie Q dépendra de la combinaison des variables d'entrées. A chaque combinaison d'entrée correspond une valeur bien définie à la sortie.



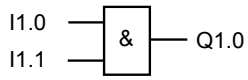
Test de lecture

Fonction ET (AND)

Un circuit logique avec une fonction ET génère uniquement un signal de sortie à l'état logique «1» si et seulement si toutes les entrées sont à l'état logique «1».
Complétez les représentations suivantes avec une fonction ET:



Symbole (CEI)	Table de vérité	Equation logique	Schéma à contacts



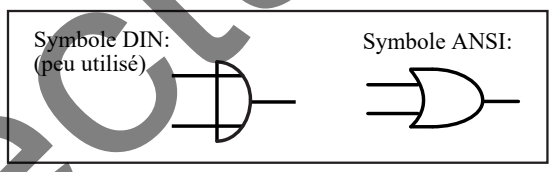
I1.1	I1.0	Q1.0
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$Q1.0 = I1.0 \wedge I1.1$

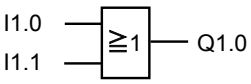


Fonction OU (OR)

Un circuit logique avec une fonction OU génère un signal de sortie à l'état logique «1» si au moins une des deux entrées est à l'état logique «1».
Complétez les représentations suivantes avec une fonction OU:

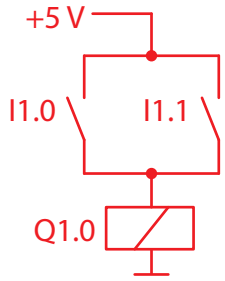


Symbole (CEI)	Table de vérité	Equation logique	Schéma à contacts



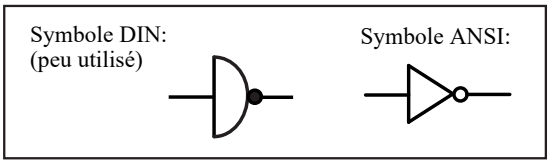
I1.1	I1.0	Q1.0
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

$Q1.0 = I1.0 \vee I1.1$

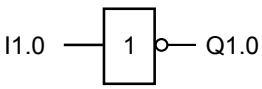


Fonction NON (NOT)

Un circuit logique avec une fonction NON génère un signal de sortie à l'état logique «0» si l'entrée est à l'état logique «1». Si le signal d'entrée est à l'état logique «0», la sortie est à l'état logique «1».
Complétez les représentations suivantes avec une fonction NON:

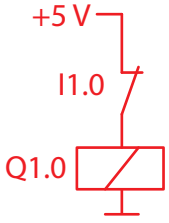


Symbole (CEI)	Table de vérité	Equation logique	Schéma à contacts



I1.0	Q1.0
0	1
1	0

$Q1.0 = \overline{I1.0}$



Test de lecture