

Ce document appartient à :

Nom:

Prénom :

Année :



Génie électrique

Automatismes industriels

Cours

Imprimées sur papier blanc
à acquérir et connaître sans support

Section de Technicien Supérieur en Électrotechnique
Étudiants – Apprentis

Lycée Bernard Palissy
1 rue de Gascogne
17107 Saintes

1. Fonctionnalités

Dans leur rôle d'acquisition dédiée au traitement de l'information, les détecteurs ont les principales fonctions élémentaires suivantes : contrôler la présence, l'absence ou le positionnement d'objets divers, détecter le passage, le défilement ou le bourrage de ceux-ci, les compter, etc.

Les applications qui mettent en pratique ces formes de détection "Tout Ou Rien" sont multiples. Les plus typiques portent sur :

- ✓ la détection de pièces machines,
- ✓ la détection liée à la manutention,
- ✓ la détection directe d'objets (en cours de fabrication ou de manutention),
- ✓ la détection directe de personnes, de véhicules, d'animaux, etc.

1.1. L'offre principale

Quatre grandes familles de détecteurs de présence constituent la base des offres :

- ✓ les Interrupteurs de Position électromécaniques actionnés par contact direct avec des objets ou pièces,
- ✓ les Détecteurs de Proximité Inductifs électroniques, pour détecter sans contact physique et à faible distance d'objets métalliques,
- ✓ les Détecteurs de Proximité Capacitifs électroniques, pour détecter sans contact physique et à faible distance des objets de natures diverses,
- ✓ les Détecteurs Photoélectriques électroniques pour détecter des objets situés jusqu'à plusieurs dizaines de mètres.

1.2. L'offre complémentaire

Des produits viennent compléter l'offre de détection. Ils répondent à des applications plus spécifiques. Citons :

- ✓ les pressostats, vacuostats et capteurs analogiques de pression,
- ✓ les interrupteurs de sécurité,
- ✓ les systèmes d'identification inductive permettant de stocker et lire des informations codées sur des étiquettes associées physiquement aux produits.
- ✓ Les codeurs optiques rotatifs, qui renseignent sur la position ou le déplacement angulaire ou linéaire d'organes,
- ✓ ...

2. Démarche d'aide au choix

Le choix proposé s'établit en deux temps :

Phase 1 : détermination de la famille de détecteurs adaptée à l'application. L'identification de la famille recherchée s'effectue par un jeu de questions/réponses chronologiquement posées, portant sur des critères généraux et fondamentaux s'énonçant en amont de tout choix :

- ✓ nature de l'objet à détecter : solide, liquide, gazeux, métallique ou non,
- ✓ contact possible avec l'objet,
- ✓ distance objet/détecteur,
- ✓ masse de l'objet,
- ✓ vitesse de défilement,
- ✓ cadences de manœuvre,
- ✓ espace d'intégration du détecteur dans la machine.

L'organigramme ci-dessous illustre cette démarche qui conduit à faire la sélection d'une famille de détecteurs sur la base de critères simples.

Phase 2 : détermination du type et de la référence du détecteur recherché. Cette deuxième phase tient compte :

- ✓ l'environnement : température, humidité, poussières, projections diverses, ...
- ✓ la source d'alimentation : alternative ou continue,
- ✓ le signal de sortie : électromécanique, statique,
- ✓ le type de raccordement : câble, bornier, connecteur.

1. Schémas internes équivalents

1.1. Sortie statique, 2 fils

Description

Ce type de détecteur comporte un circuit électronique qui commande une ou plusieurs sorties statiques.

Ils existe des détecteurs pour tension continue, d'autres pour tension alternative mais on rencontre aussi des détecteurs qui se branchent indifféremment sur une tension alternative ou continue.

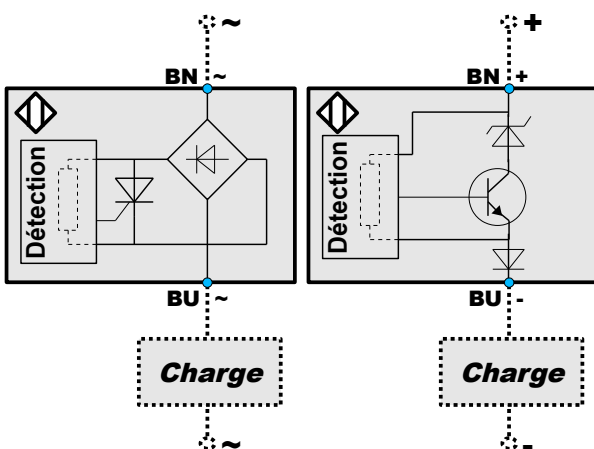
Malgré la nécessité d'alimenter en énergie le circuit électronique, ce type de détecteur ne comporte que deux fils.

Il est souple d'utilisation puisqu'il se connecte comme un détecteur à contacts secs.

Il est pratiquement inusable car il ne comporte pas de contacts électriques mobiles.

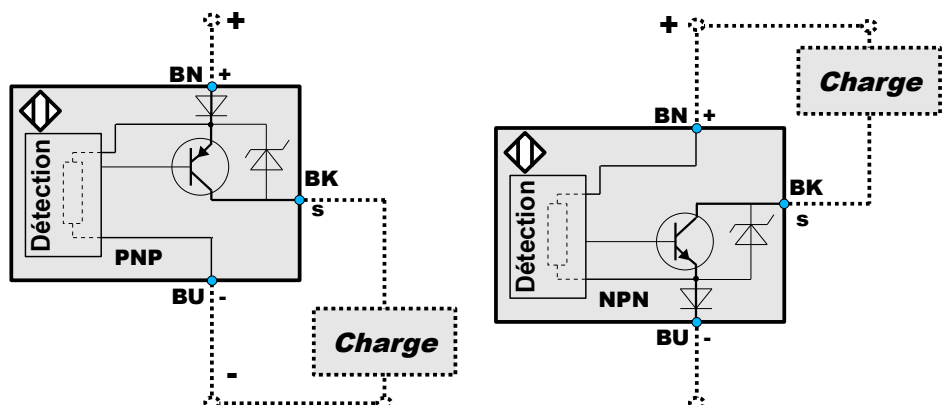
Il est utilisé lorsqu'il n'y a **pas** nécessité d'une grande fréquence de commutation. Dans le cas contraire, on préférera un détecteur 3 fils.

Connexion



Il se branche comme un interrupteur, en série avec le circuit à contrôler.

Il faut néanmoins vérifier la tension admissible et pour certains détecteurs, la polarité



1.2. Sortie statique, détecteur 3 fils

Description

Ce type de détecteur comporte un circuit électronique qui commande une ou plusieurs sorties statiques. S'il ne comporte qu'une seule sortie statique, c'est un détecteur 3 fils sinon ça sera un 4 fils (2 sorties statiques).

Il fonctionne uniquement en tension continue.

Il peut être détecteur PNP ou NPN.

Il est pratiquement inusable car il ne comporte pas de contacts électriques mobiles.

Il est utilisé lorsqu'il y a nécessité d'une grande fréquence de commutation. Dans le cas contraire, on préférera un détecteur 2 fils.

Connexion

Le détecteur PNP ou NPN comporte un transistor.

Pour le détecteur PNP :

Lorsque qu'il y a détection, le transistor est passant (contact fermé). Il va donc imposer le potentiel **+** sur la sortie **S**. La charge est branchée entre la sortie **S** et le potentiel **-**. Ce type de détecteur est adapté aux unités de traitement qui fonctionnent en logique positive.

Pour le détecteur NPN (voir figure) :

Lorsque qu'il y a détection, le transistor est passant (contact fermé). Il va donc imposer le potentiel **-** sur la sortie **S**. La charge est branchée entre la sortie **S** et le potentiel **+**. Ce type de détecteur est adapté aux unités de traitement qui fonctionnent en logique négative.

On prendra donc soin d'identifier le type de logique utilisée par les unités de traitement (Automate programmable, etc...).

1.3. Sortie statique, 4 fils

Un détecteur 4 fils est un détecteur 3 fils comportant un fil supplémentaire pour la transmission d'un signal complémentaire.

On dispose donc d'une sortie passante en présence d'une pièce, l'autre bloquée en présence d'une pièce.

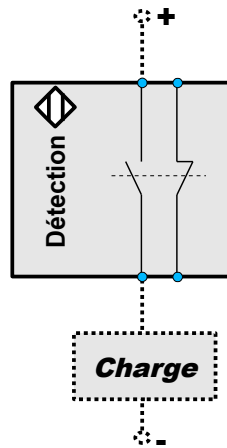
1.4. Sortie électromécanique, contacts secs

Description

Ce type de détecteur comporte généralement 2 contacts électriques (un NO et un NF). Ils peuvent être utilisés sous différentes tensions (inférieure à la tension maximum admissible) et ne sont pas polarisés.

Ce type de détecteur est souple d'utilisation mais subit l'usure des contacts électriques.

Il est néanmoins relativement fiable.



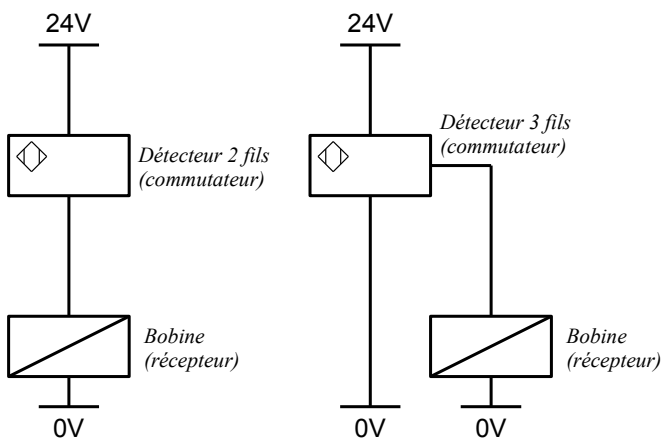
• Connexion

Il se branche comme un interrupteur, en série avec le circuit à contrôler.

2. Mise en œuvre

2.1. Schéma

→ Un cadre contenant le symbole de détecteur électronique



2.2. Repérage

Les différents fils sont souvent repérés par leur couleur, notée en abrégé:

Abrégé	Complet	Couleur
BN	Brown	Marron
BK	Black	Noir
BU	Blue	Bleu

2.3. Compatibilité

Pour toute connexion d'un générateur à un récepteur, il faut vérifier les compatibilités en tension et en courant.

Dans tous les cas, il convient de tenir compte :

- ♦ **du courant commuté I_{max} que peut fournir** le détecteur lorsque celui-ci est passant. On vérifiera qu'il est supérieur au courant I_{IH} imposé par la charge :

$$I_{MAX} > I_{IH}$$

- ♦ **de la tension d'alimentation ou de service** : vérifier que la tension utilisée est bien dans les limites supportées par le détecteur.

2.3.1. Détecteurs 2 fils

Dans le cas des détecteurs 2 fils, il convient de tenir compte :

- ♦ **du courant résiduel I_R** : courant traversant le détecteur à l'état bloqué. Il doit être suffisamment petit pour ne pas rendre actif l'organe piloté par le détecteur (bobine, entrée d'API, ...).
- ♦ **de la tension de déchet U_D** : tension aux bornes du détecteur à l'état passant (mesurée pour le courant nominal). Elle doit être suffisamment petite pour ne pas bloquer l'entrée pilotée. On vérifiera :

$$V_{CC} - U_D > V_{IHmin}$$

2.3.2. Détecteurs 3 fils

Dans le cas des détecteurs 3 fils, il convient de tenir compte :

- ♦ **de la tension de saturation V_{SAT}** : c'est la tension entre la sortie du détecteur (collecteur) et l'entrée d'alimentation qui n'est pas reliée à la charge (émetteur) = tension collecteur-émetteur du transistor interne. Elle est parfois appelée aussi *tension de déchet* dans certains catalogues. On vérifiera que la tension restante de l'alimentation moins le déchet est suffisante pour la charge :

$$V_{CC} - V_{SAT} > V_{IHmin}$$

1. Présentation

Un détecteur industriel fournit une information de type Tout-Ou-Rien (TOR) qui indique si une grandeur physique a atteint un seuil.

Un **capteur analogique** fournit un signal électrique dont l'amplitude est fonction de la grandeur physique mesurée, le plus souvent linéaire.

2. Grandeurs mesurées et technologies de capteurs industriels

Pour chaque type de grandeur associé à une technologie de mesure, rechercher, dans les différentes documentations disponibles (catalogue constructeur, catalogue distributeur, ...), les différents modèles de capteurs analogiques industriels qui existent.

Établir une synthèse des caractéristiques de ce couple grandeur/ technologie :

- Gamme de mesure minimum, maximum, la plus rencontrée
- Précision
- Sélectionner un exemple typique de capteur, ne pas oublier de noter la référence et la page du document sur lequel vous pouvez le retrouver.
- Échelles de mesures proposées pour fournir l'information électrique de sortie
- ...

2.1. Grandeurs électriques

<i>Grandeur</i>	<i>Technologie de mesure</i>	<i>Gamme de mesure Précision</i>	<i>Marque</i>	<i>Avantages / inconvénients/ Critères de choix</i>
Courant	Effet hall		LEM HONEYWELL	

2.2. Grandeurs environnementales

<i>Grandeur</i>	<i>Technologie de mesure</i>	<i>Gamme de mesure</i>	<i>Marque</i>	<i>Avantages / inconvénients/ Critères de choix</i>
Température	Résistance Pt100 Platine 100 ohm @ 0°C			
	Résistance Pt1000 Platine 1000 ohm @ 0°C			
	Résistance Ni1000 Nickel 1000 ohm @ 0°C			
	Thermistance			
	Thermocouple Type J			
	Thermocouple Type			
	Thermocouple			
	Thermocouple			
	Thermocouple			
	Thermocouple			
Température	Infrarouge			
Hygrométrie	Capacitif			

2.3. Grandeurs mécaniques statiques (géométriques)

<i>Grandeur</i>	<i>Technologie de mesure</i>	<i>Gamme de mesure, unités</i>	<i>Marque</i>	<i>Avantages / inconvénients/ Critères de choix</i>
Distance	Inductif analogique			
Distance				
Niveau, distance				
Niveau				
Force				

2.4. Grandeurs mécaniques dynamiques

<i>Grandeur</i>	<i>Technologie de mesure</i>	<i>Gamme de mesure</i>	<i>Marque</i>	<i>Avantages / inconvénients/ Critères de choix</i>
Débit	Effet Hall			
	Conductivité thermique = vitesse du fluide			
	Electromagnétique			
Déplacement linéaire				
Mouvement rotatif	Gyroscope, Coriolis			

1. Rappel de la fonction de base



Mesurer, transformer l'amplitude d'une grandeur physique en une grandeur électrique exploitable dans un automatisme.

2. Signaux de sortie

Il s'agit d'être vigilant quant aux termes employés pour désigner une information de sortie :

- ◆ sortie **de** vitesse : information portée par le signal
- ◆ sortie **en** courant : grandeur électrique qui porte le signal

Attention alors au sens de :

- ◆ sortie **de** courant **en** tension :
= mesure d'un courant de 0 à 100A
sous la forme d'une tension de 0 à 5V

2.1. Sortie en tension

La tension de sortie est fonction linéaire de la gamme de mesure. Exemple : la tension varie de 0 à 10 V lorsque la hauteur mesurée varie de 0 à 5 mètres. Le calibre est souvent désigné par ses valeurs mini et maxi séparées par un tiret ; exemple : 0-10V

➤ Formats rencontrés :

- ◆ **0-10 V** : le plus répandu
- ◆ **± 10 V** : 2 sens de marche : rotation, ...
- ◆ 0-5 V : pour des cartes moins industrielles
- ◆ 1-5 V : pour adaptation avec 4-20mA (voir ce calibre)
- ◆ ...

➤ Avantages :

- ◆ Très facile à mettre en œuvre
- ◆ Impédance élevée (100 K Ω à plusieurs M Ω) pour entrée en tension : un simple potentiomètre peut être utilisé.

➤ Inconvénients :

- ◆ Risque d'atténuation et de déformation du signal sur de longues distances

2.2. Atténuation d'un signal

Voir en bas de page

2.3. Sortie en courant

Le courant de sortie est fonction linéaire de la gamme de mesure. Exemple : variation de 0 à 20 mA pour une mesure de 0 à 100°C.

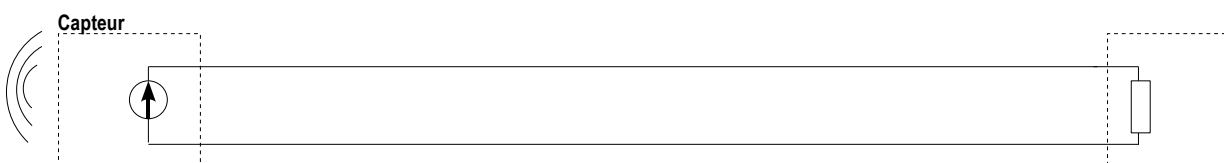
➤ Formats rencontrés :

- ◆ 0-20 mA : fréquent, non autonome en énergie
- ◆ **4-20 mA** : le plus répandu ; permet de détecter les ruptures de conducteur ou les défauts de mesure (Si I < 4mA)
- ◆ 0-10mA, 0-16mA : rarement

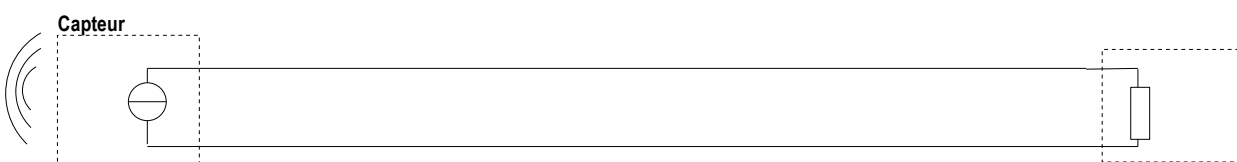
➤ Avantages :

- ◆ **Pas de perte de signal** sur de longues distances : le courant est le même dans toute la boucle.
- ◆ Peu sensible aux parasites électromagnétiques
- ◆ détection de rupture du conducteur de signal

➤ Sortie en tension



➤ Sortie en courant



2.4. Sortie bas-niveau

Certains capteurs ne disposent pas d'amplificateur de signal en sortie, et ne proposent donc pas de signal « haut niveau ».

Le signal « bas niveau », non normalisé, peut être de la forme :

- ◆ 0-50 μV , 0-200 μV , 0-1 mV, 0-63 mV, 0-100 mV, ...

2.5. Sortie en fréquence

La fréquence du signal de sortie est fonction de la grandeur à mesurer : débitmètre à effet hall, ...

L'amplitude peut varier en même temps mais la linéarité en amplitude est médiocre.

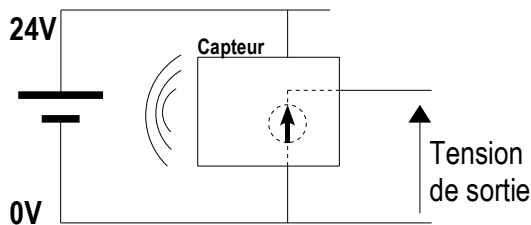
On emploiera le plus souvent un adaptateur fréquence/ tension pour utiliser le signal analogique sur un API.

3. Mise en œuvre

3.1. Alimentation, charge

3.1.1. Sortie en tension

Les capteurs à sortie **en** tension nécessitent généralement une alimentation continue externe. Le signal de sortie, en tension, est fourni en référence au 0 de l'alimentation.

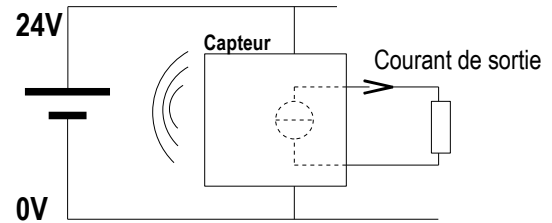


Toujours vérifier que la **résistance de charge n'est pas trop petite**, et que le courant qu'elle demandera pourra être fourni par le capteur.

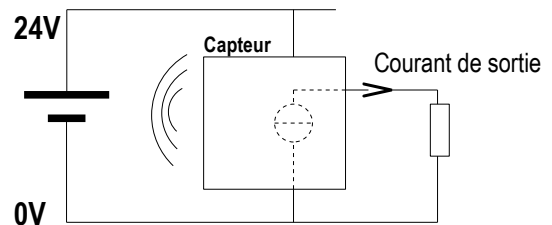
3.1.2. Sortie en courant

➤ Capteur 4 fils

Pour des sorties 0-20mA, ou des sorties 4-20mA de capteurs évolués.

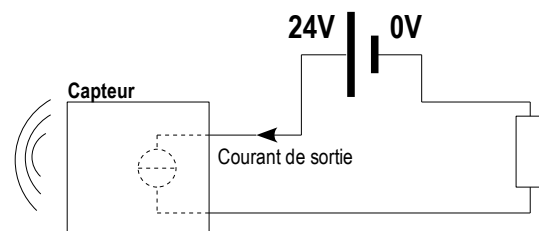


➤ Capteur 3 fils



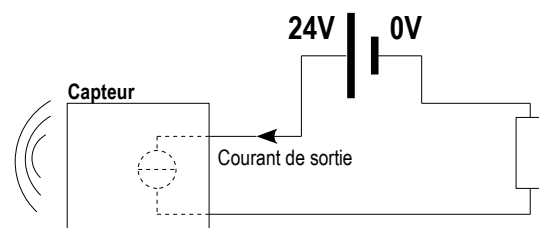
➤ Capteur 2 fils

Typiquement pour des sorties 4-20mA de capteurs peu évolués.



Vérifier que la **résistance de charge n'est pas trop grande**, sinon le capteur ne pourra pas délivrer une tension suffisante pour le courant qu'il veut fournir.

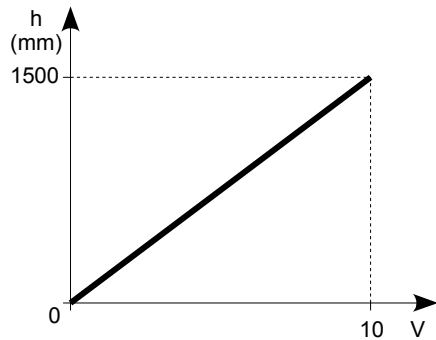
➤ Intégration d'un appareil de mesure



3.2. Interprétation de la mesure

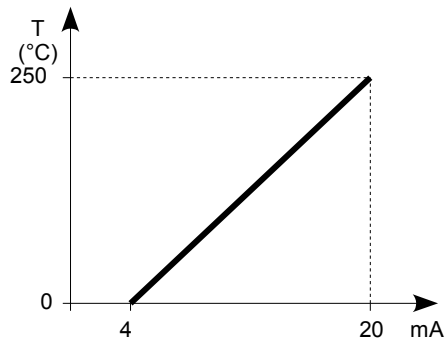
Détail des calculs :

3.2.1. Sortie de niveau en tension



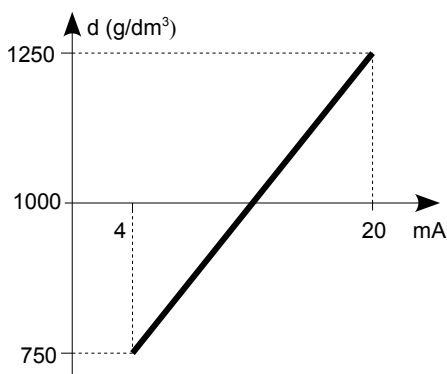
$V_o = 6V \rightarrow h = ?$

3.2.2. Sortie de température en courant



$I_o = 13mA \rightarrow T = ?$

3.2.3. Sortie de densité en courant

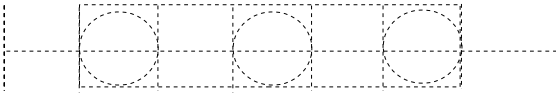


$I_o = 7mA \rightarrow d = ?$

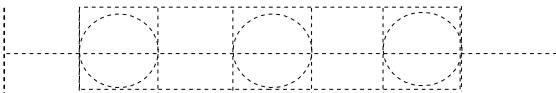
1. Langage LADDER

1.1. Conditions

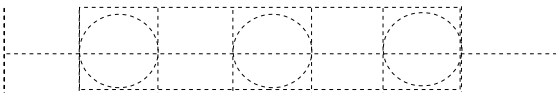
- Si un état est présent ...
- Détecter la présence d'une pièce...
- Détecter une pièce...



- Si un événement survient...
- Détecter un événement à un instant précis...
- Si un état apparaît...
- Si une pièce arrive...
- Détecter l'arrivée d'une pièce...

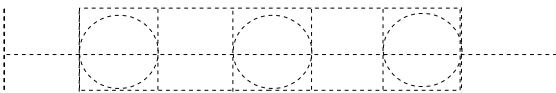
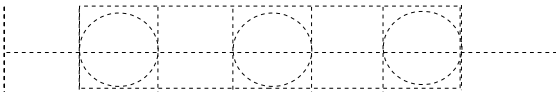


- Si un état disparaît...
- Si une pièce part...

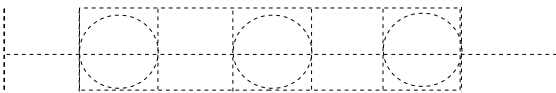


- Si une variable est égale à une certaine valeur...

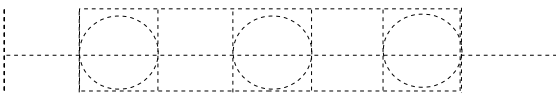
Bloc comparateur



Si une variable a atteint un certain seuil...



Si une variable a dépassé un certain seuil...



1.2. Actions

- ... Activer une sortie TOR.
- ... Piloter un actionneur.
- ... Envoyer un ordre.



- ... Mettre à 1 et conserver l'état.

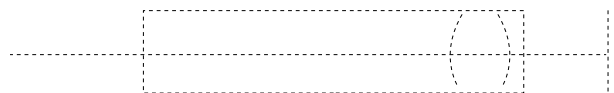
Auto-maintien, effet mémoire



- ... Mettre à 0 et conserver l'état.



- ... Calculer l'opération [...].



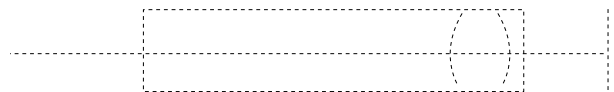
- ... Incrémenter (= ajouter 1)



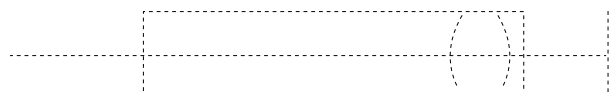
- ... Affecter une valeur constante à une variable.



- ... Copier le contenu d'une variable.
- ... Stocker une valeur.
- ... Garder un mot identique pour l'utiliser à autre chose.



- Acquérir / Capturer / Bloquer la valeur d'une entrée analogique



1. Arithmétique binaire

1.1. Association de caractères binaires

Un BIT (**B**inary **digi**T) peut contenir 2 valeurs distinctes : 0 ou 1.

L'association d'un bit supplémentaire permet de distinguer 2 fois plus de valeurs :

En associant un 0 aux possibilités déjà présentes :

0 0 ou 0 1

En associant un 1 aux possibilités déjà présentes :

1 0 ou 1 1

En généralisant, dans une variable à n bits, on peut donc stocker 2^n valeurs différentes.

Exemple

Sur 3 bits, on peut stocker $2^3 = 8$ valeurs différentes :

000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111

A retenir

Sur 4 bits, on peut coder 16 valeurs différentes.

Sur 8 bits, on peut coder 256 valeurs différentes.

Sur 16 bits, on peut coder 65536 valeurs différentes.

1.2. Identification à des valeurs décimales

Dans le cas général d'une base n à convertir en base 10, chaque caractère représenté sera associé à un poids selon son rang, du plus faible à droite au plus fort à gauche, d'une valeur $n \times$ plus grande que le précédent à droite.

Dans le cas plus précis du binaire, chaque bit représenté sera associé à un poids binaire selon son rang, du plus faible à droite au plus fort à gauche, d'une valeur $2 \times$ plus grande que le précédent à droite.

Représentation

Poids	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
Valeur	128	64	32	16	8	4	2	1
bit	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
Exemple	128	64	32	16	8	4	2	1
×	0	0	1	0	1	1	0	1
=			32		+8	+4		+1
								= 45 ₍₁₀₎

Exercices

Convertir en base 10 :

- 100 1110 0010 1001₍₂₎
- 64223₍₇₎
- 3A8₍₁₃₎
- 4E29₍₁₆₎

1.3. Représentation hexadécimale

A partir de la représentation binaire, on peut reconstituer très facilement la représentation hexadécimale par le groupement par 4 bits à partir de la droite, suivi de la conversion de chaque quartet en caractère hexadécimal.

1.4. Conversion décimal/binaire

- Énumérer les poids (puissances de 2 vers la gauche) jusqu'à dépasser la valeur à convertir,
- Pour chacun des poids inférieurs,
- si inférieur ou égal à la valeur convertie, le soustraire et écrire un 1
- sinon écrire un 0.

Exercices

Convertir en binaire :

- 1968₍₁₀₎

1.5. Opérations arithmétiques

1.5.1. L'addition

Revenons aux bases de l'addition en posant les opérations :

157	1 0 0 1	_____
+ 77	+ _____	_____
_____		_____
234		

1.5.2. La multiplication

57	x _____
x 23	x _____
_____	_____
171	
114.	

2. Les types de données

2.1. Type entier non signé

Tous les bits de la donnée représentent un poids binaire. La valeur résultante est donc forcément entière et positive.

Sur n bits, distinguant 2^n valeurs distinctes, on pourra alors coder les valeurs 0 à $2^n - 1$

Poids	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0

Exemple :

Entier non signé sur 8 bits :

$2^8 = 256$ valeurs positives possibles : 0 à 255

2.2. Type entier signé

Il est parfois nécessaire de travailler sur des nombres négatifs. Il s'agit alors de distinguer le signe de la valeur (+ ou -) par un bit supplémentaire. La taille des mémoires des processeurs étant limitée, le bit le plus à gauche sera réquisitionné pour représenter le bit de signe :

0 : nombre positif, 1 : nombre négatif.

Poids	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
	s	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0

On remarquera cependant que l'on peut représenter la valeur nulle par +0 ou -0, ce qui entraînerait des problèmes de calcul.

Les valeurs négatives seront alors représentées en mode « complément à 2 » sur une taille (nombre de bits) dépendant du processeur utilisé (8 bits, 16 bits, 32 bits, ...).

2.3. Le format « complément à 2 »

Il s'agit de représenter les valeurs négatives par les opérations suivantes, à partir de la valeur positive :

- Complément à 1 (inverser chaque bit)
- Additionner 1

Exemple :

en considérant que l'on travaille sur des formats 8 bits :

45 ₍₁₀₎	0 0 1 0 1 1 0 1
Complément à 1 :	1 1 0 1 0 0 1 0
+1 :	_____ 1
= Complément à 2 :	1 1 0 1 0 0 1 1 = -45 ₍₁₀₎

Astuce :

Autre méthode pour calculer l'opposé d'un nombre binaire (en complément à 2) :

Recopier les bits en partant de la droite jusqu'au premier 1 rencontré inclus, puis inverser tous les autres bits à sa gauche.

Exercices – Calculs sur formats 8 bits signés

Calculer l'opposé de 0₍₁₀₎ en format binaire complément à 2 par le calcul arithmétique et non par l'astuce.

Calculer en binaire (+45) + (-45), (+60) + (-45), (+45) + (-34)

Calculer en binaire (-126), (-127), en déduire ce que serait (-128).

Convertir un nombre négatif binaire en décimal : 10011011

2.4. Type réel

Il est parfois nécessaire de travailler sur des nombres décimaux, « à virgule ». Mais il ne sera pas possible de représenter l'ensemble des nombres réels, leur nombre étant infini, contrairement aux capacités d'un processeur qui sont limitées et finies.

Il s'agira alors de définir des limites aux parties entières (plus grande valeur absolue, avant la virgule) et aux parties décimales (limite de précision, après la virgule). La combinaison de ces deux contraintes est définie par le « **nombre de chiffres significatifs** », la virgule pouvant être placée n'importe où. On parle alors de **nombres « à virgule flottante »** ou « **flottants** ».

Le format plus complexe (**mantisse + exposant**) est présenté dans la documentation associée à ce cours. Le nombre de chiffres significatifs (précision) est lié à la taille mémoire occupée par la valeur : 4 octets, 8 octets, 10 octets, ...

Ce type de données n'est pas disponible sur les API d'entrée de gamme car leur puissance de calcul n'est pas suffisante.

2.5. Type caractère

La représentation des caractères n'est qu'une interprétation de l'utilisateur. Chaque caractère est associé à une valeur numérique binaire selon un codage normalisé, et son affichage est assuré par une description de table de caractère, que l'homme sait reconnaître.

Les codages standards sont :

- Le format ASCII (depuis les années 1960)
- Le format UNICODE (depuis les années 1990)

Voir les documentations sur le codage de caractères associées à ce cours.

3. Choix d'un type de donnée pour une variable

3.1. Les questions à se poser

- ◆ Pour mettre en place un comptage pouvant aller jusqu'à un nombre maximum de x pièces, quelle taille de variable est nécessaire ?

On sait :

- dans 1 bit, on peut stocker 2 valeurs,
- dans n bits, on peut stocker 2^n valeurs différentes, donc distinguer une valeur pouvant aller de 0 à $2^n - 1$ en nombres non signés (toujours positifs).

Il suffit de choisir le nombre n de bits minimum permettant d'obtenir $2^n > x$

Application

On désire compter un stock de 2000 pièces.

Sur 8 bits : $2^8 = 256$; $256 < 2000$: insuffisant

Sur 16 bits : $2^{16} = 65536$; $65536 > 2000$: suffisant.

On choisira donc un mot de 16 bits.

- ◆ Pour gérer une hauteur de 3 mètres avec une précision de $1/10^e$ de mm, quel type de données peut-on utiliser ?

Choisissons une unité de référence : les « mm ».

Calculons combien de « pas » il faudra distinguer tout au long de notre échelle :

- Hauteur maximum : 3 000 mm
- Hauteur minimum : 0 mm
- Étendue de l'échelle =
maxi – mini = 3000 mm
- Précision : 0,1 mm
- Nombre de pas =
Étendue / précision = $3000 / 0,1 = 30\,000$ points

• Nombre de bits minimum pour distinguer
30 000 points :

15 bits car $2^{15} = 32768$

- Type de données à utiliser :

Type entier sur 16 bits « Word », signé ou non

- ◆ Pour gérer une température variant de -200°C à $+850^\circ\text{C}$ avec une précision de $0,02^\circ\text{C}$, quel type de données peut-on utiliser ?

4. Les calculs numériques sur API

4.1. Limitations liées au matériel

Étant données les limitations de stockage de valeurs liées aux formats des données, il faudra s'assurer, à **chaque calcul, final ou intermédiaire**, que le résultat entre bien dans les limites disponibles.

Ainsi, on peut être surpris parfois par des résultats obtenus.

Exemple

	s
28000	0110110101100000
+ 7000	0001101101011000
=	1000100010111000
	↑ Signe passé à 1, donc résultat négatif
Interprétation du résultat en décimal, en calculant l'opposé :	
	1000100010111000
Inversion	0111011101000111
+1	_____1
=	0111011101001000 = 30536 ₍₁₀₎
Le résultat de l'addition 28000 + 7000 serait donc – 30536 !!	

Le Grafcet - Description générale

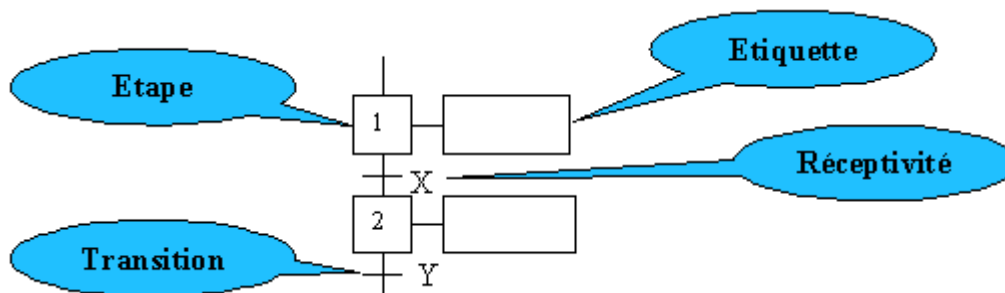
Patrick ABATI

La création d'une machine automatisée nécessite un dialogue entre le client qui définit le cahier des charges (qui contient les besoins et les conditions de fonctionnement de la machine) et le constructeur qui propose des solutions. Ce dialogue n'est pas toujours facile : le client ne possède peut-être pas la technique lui permettant de définir correctement son problème. D'autre part, le langage courant ne permet pas de lever toutes les ambiguïtés dues au fonctionnement de la machine (surtout si des actions doivent se dérouler simultanément). C'est pourquoi l'**ADEPA** (Agence pour le Développement de la Productique Appliquée à l'industrie) a créé le **GRAFCET**.

DÉFINITION

Le GRAFCET (GRAphe Fonctionnel de Commande des étapes et Transitions) est l'outil de représentation graphique d'un cahier des charges. Il a été proposé par l'ADEPA (en 1977 et normalisé en 1982 par la NF C03-190).

Le GRAFCET est une représentation alternée d'**étapes** et de **transitions**. Une seule transition doit séparer deux étapes.



Une **étape** correspond à une situation dans laquelle les variables de sorties conservent leur état. Les **actions** associées aux étapes sont inscrites dans les **étiquettes**.

Une **transition** indique la possibilité d'évolution entre deux étapes successives. A chaque transition est associée une condition logique appelée **réceptivité**.

RÈGLES DE SYNTAXE

- Règle N°1 : situation initiale

Cette représentation indique que l'étape est initialement activée (à la mise sous tension de la partie commande).

La situation initiale, choisie par le concepteur, est la **situation à l'instant initial**.

- Règle N°2 : franchissement d'une transition

Une transition est **franchie** lorsque l'étape associée est **active** et la **réceptivité** associée à cette transition est **vraie**.

- Règle N°3 : évolution des étapes actives

Le franchissement d'une transition provoque simultanément :

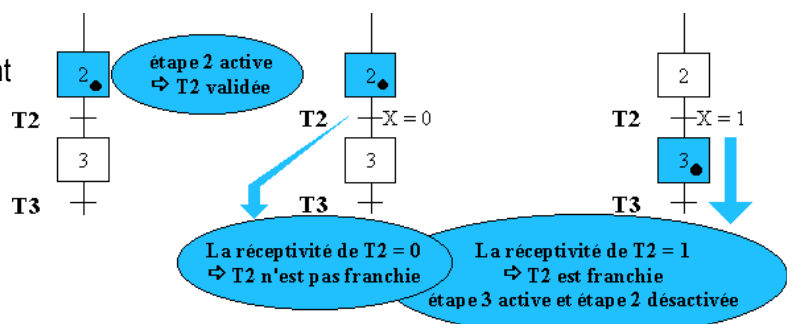
- la **désactivation** de toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition,
- l'**activation** de toutes les étapes immédiatement suivantes reliées à cette transition.

- Règle N°4 : transitions simultanées

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

- Règle N°5 : activation et désactivation simultanées

Une étape à la fois activée et désactivée reste active.

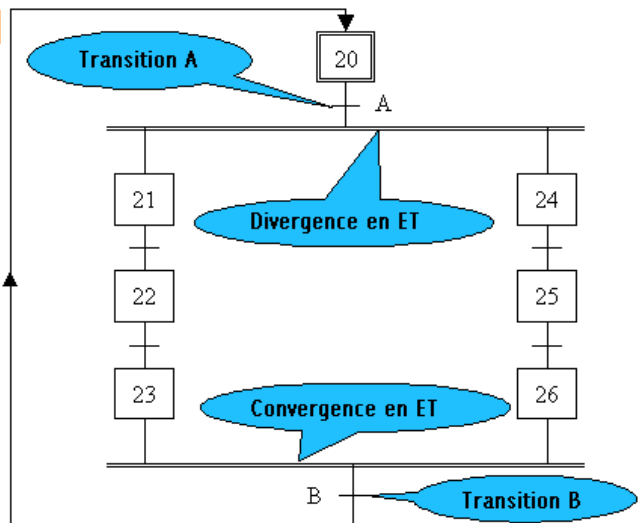


STRUCTURES DE BASE**Divergence et convergence en ET (séquences simultanées)**

Divergence en ET : lorsque la transition A est franchie, les étapes 21 et 24 sont actives.

Convergence en ET : la transition B sera validée lorsque les étapes 23 et 26 seront actives. Si la réceptivité associée à cette transition est vraie, alors celle-ci est franchie.

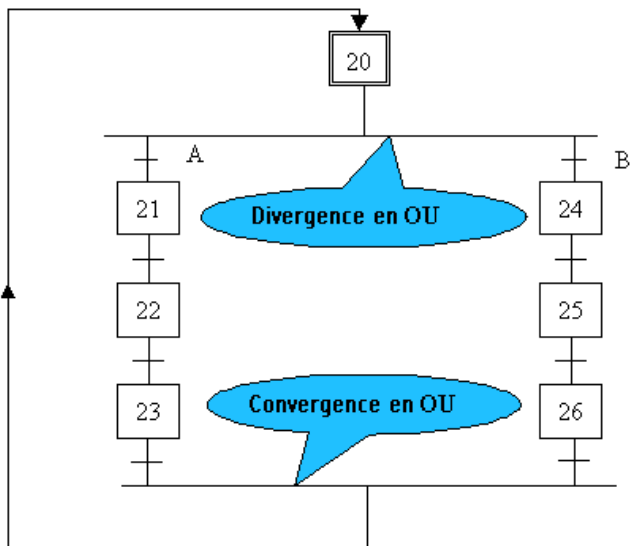
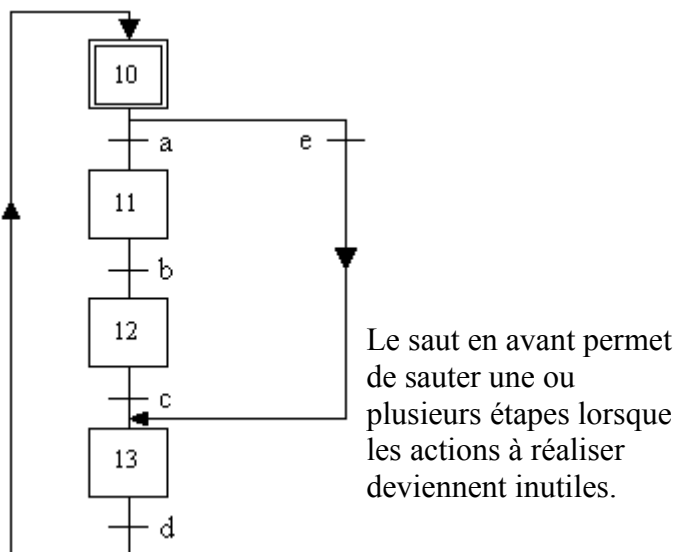
- REMARQUES :
- Après une divergence en ET, on trouve une convergence en ET.
- Le nombre de branches parallèles peut-être supérieur à 2.
- La réceptivité associée à la convergence peut-être de la forme $= 1$. Dans ce cas la transition est franchie dès qu'elle est active.

**Divergence et convergence en OU (aiguillage)**

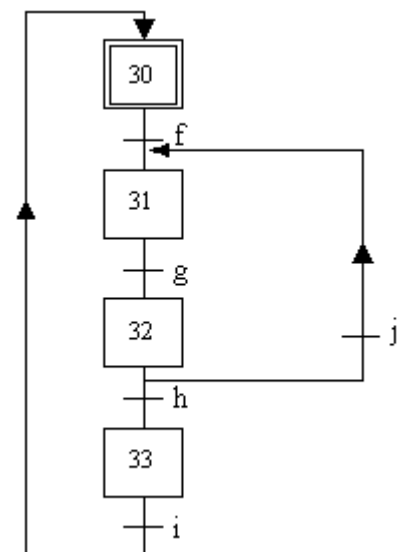
Divergence en OU : l'évolution du système vers une branche dépend des réceptivités A et B associées aux transitions.

Convergence en OU : après l'évolution dans une branche, il y a convergence vers une étape commune.

- REMARQUES :
- A et B ne peuvent être vrais simultanément (conflit).
- Après une divergence en OU, on trouve une convergence en OU.
- Le nombre de branches peut-être supérieur à 2.
- La convergence de toutes les branches ne se fait pas obligatoirement au même endroit.

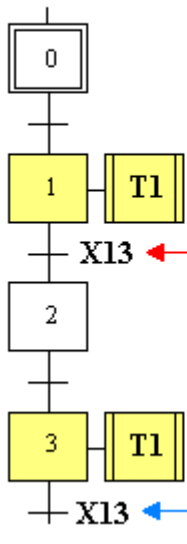
**Saut en avant (saut de phase)****Saut en arrière (reprise de phase)**

Le saut en arrière permet de reprendre une séquence lorsque les actions à réaliser sont répétitives.

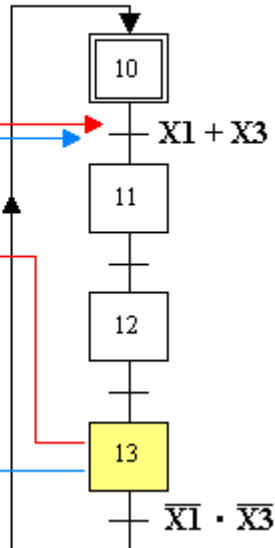


MACRO - REPRÉSENTATIONS**Sous-programme (tâche)**

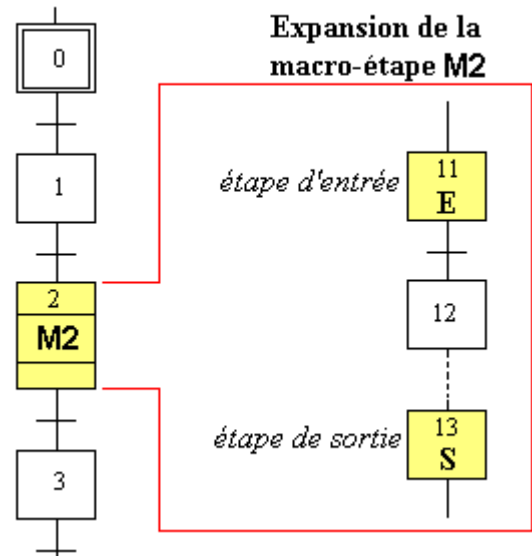
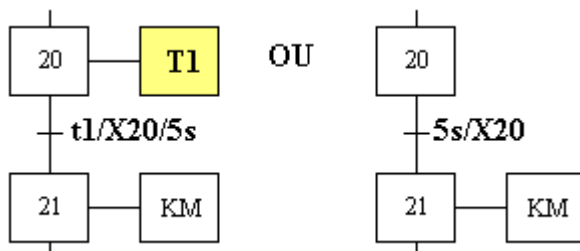
Grafcet Principal



Grafcet T1

**Macro-étape**

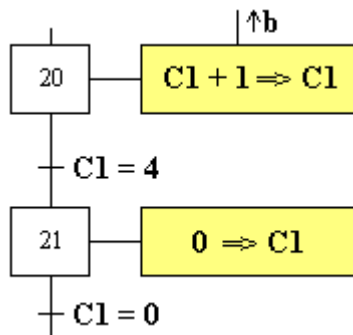
Grafcet Principal

**TEMPORISATIONS**

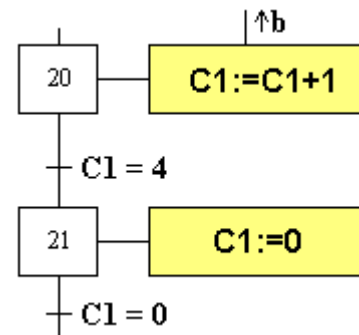
La transition 20 - 21 est franchie lorsque la temporisation, démarrée à l'étape 20 est écoulée, soit au bout de 5s.

COMPTAGE

ancienne représentation:



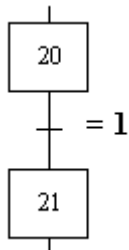
nouvelle représentation (affectation):



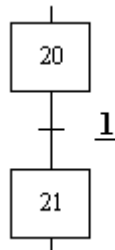
La transition 20 - 21 est franchie lorsque le contenu du compteur C1 est égal à 4.
Le compteur est incrémenté sur front montant du signal b.
Il est mis à zéro à l'étape 21.

CAS PARTICULIERS**Réceptivité toujours vraie**

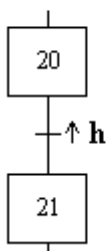
ancienne représentation



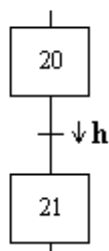
nouvelle représentation

**Évènements (fronts)**

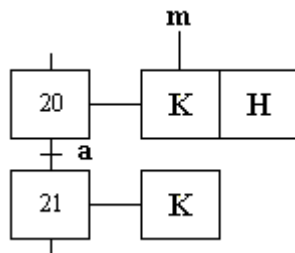
Cas n°1



Cas n°2



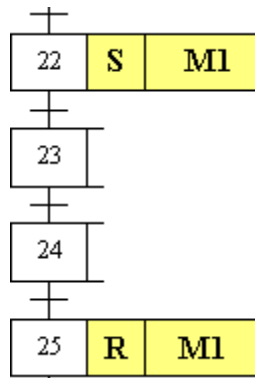
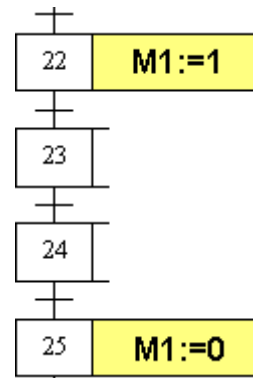
La transition 20 - 21 est franchie
lors d'un **front montant** sur h (cas n°1),
ou lors d'un **front descendant** sur h (cas n°2).

Action conditionnelle

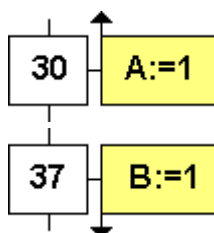
L'action K devient effective à l'étape 20,
lorsque la condition m est vraie.
 $K = X20 \cdot m + X21$

Action mémorisée

ancienne représentation : mise à 1 par S (set), mise à 0 par R (reset)

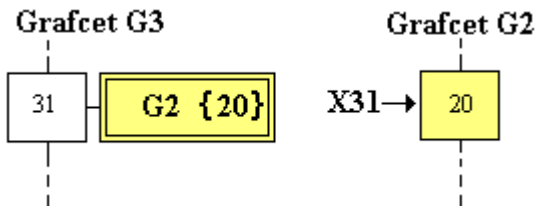
Nouvelle représentation (**affectation**)

L'action M1 est active
aux étapes 22, 23 et 24.

Action à l'activation ou à la désactivation

L'affectation de A se produit
à l'**activation** de l'étape 30

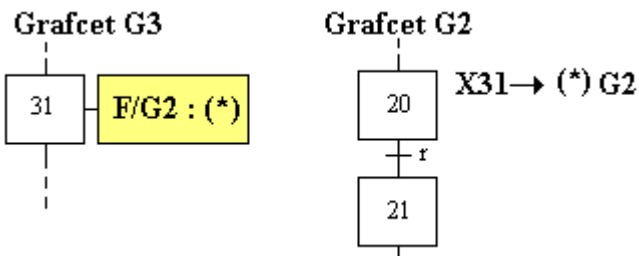
L'affectation de B se produit
à la **désactivation** de l'étape 37

FORÇAGE ET FIGEAGE**Forçage**

A l'étape 31 du Grafcet G3,
il y a **forçage** du Grafcet G2 à l'étape 20.

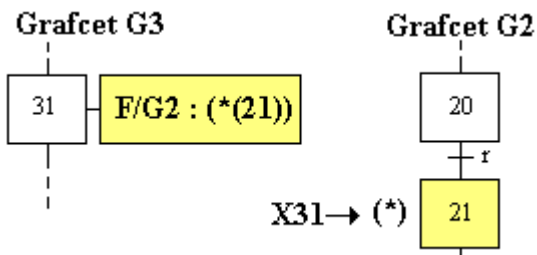
Figeage

1. dans la situation courante

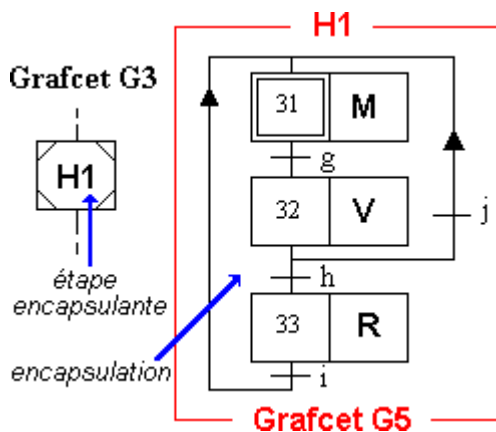


L'activation de l'étape 31 du Grafcet G3
fige le Grafcet G2
dans sa situation courante.

2. dans une situation prédéterminée



A la différence du cas précédent,
le Grafcet G2 se figera à l'étape 21,
lorsqu'elle sera active.

Encapsulation

Une étape **encapsulante** contient
d'autres étapes dites **encapsulées**.
Lorsque l'étape encapsulante est active,
son **encapsulation** peut évoluer librement.
La désactivation d'une étape encapsulante
provoque la désactivation
des étapes appartenant à son encapsulation.

bibliographie: [E.PEULOT](#) et [S. MORENO](#)