

# *Systemes électriques commandés par API*

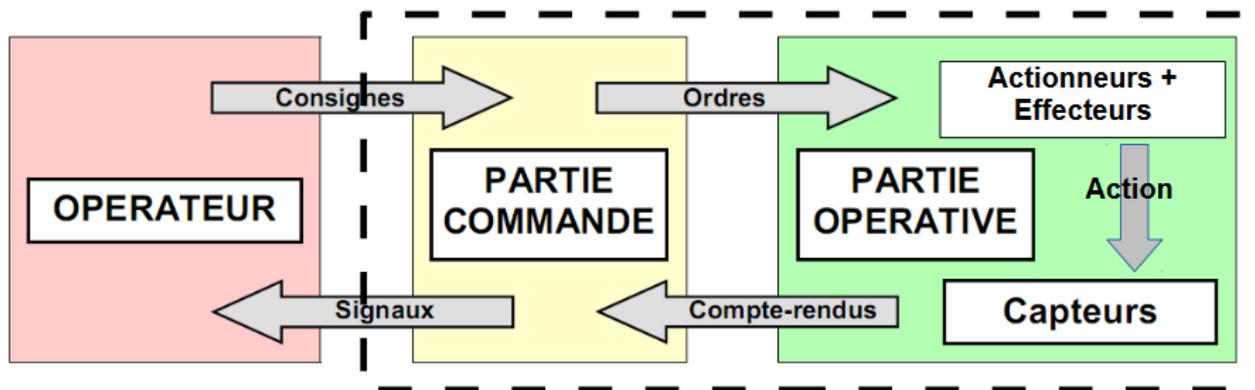


*EL KACEM EL MOSTAFA*

# Les parties d'un système automatisé

## 1- Définition :

Un automatisme (ou système automatisé) est un dispositif dont le fonctionnement ne nécessite pas l'intervention de l'homme. Il est souvent composé d'éléments logiciels et matériels. Il est nécessaire de le programmer pour qu'il fonctionne de manière autonome. Par exemple : le lave-linge, le convoyeur de bouteilles, l'ascenseur, les feux tricolores, etc...

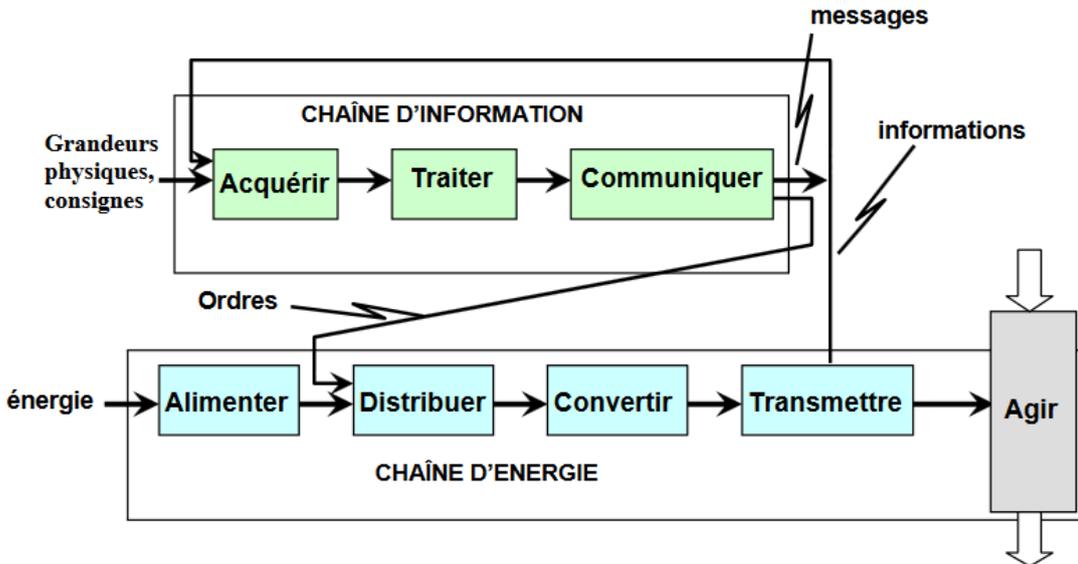


## 2- Composition d'un automatisme :

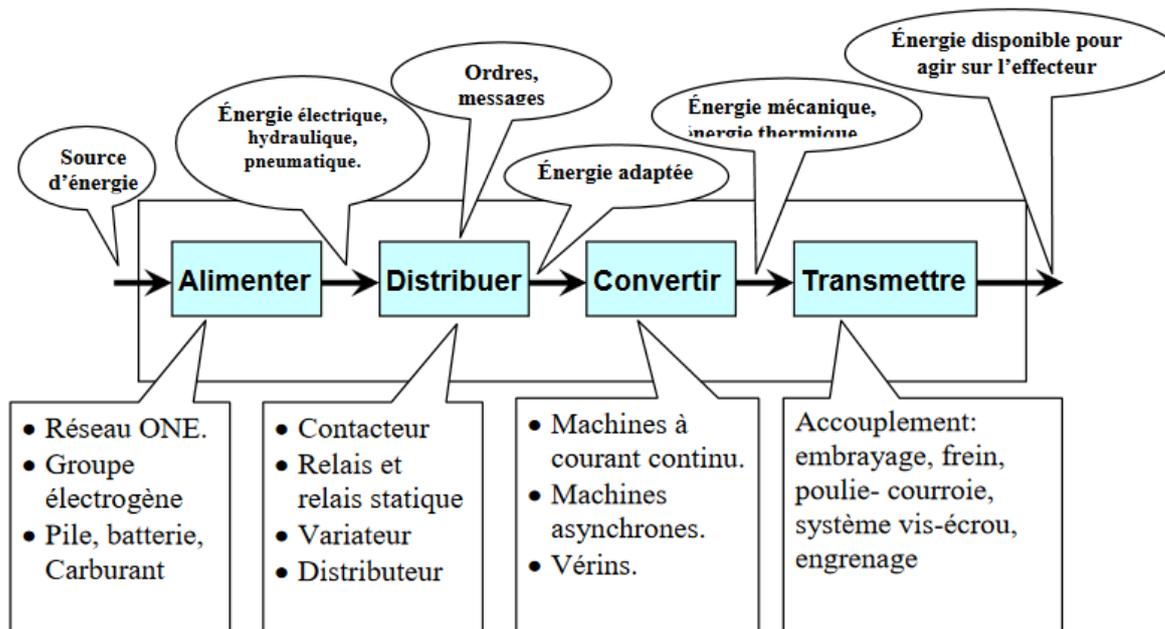
Un automatisme est constitué de deux parties distinctes :

- Une partie commande (PC) → généralement constituée d'un ordinateur connecté à une interface "entrée/sortie" (E/S), il s'agit souvent d'un automate programmable. Elle a pour fonction de gérer le programme de l'automate, de donner des ordres à la partie opérative et de traiter les comptes rendus envoyés par les capteurs.
- Une partie opérative (PO) → constituée d'actionneurs (résistances, moteurs, vérins, ...), d'effecteurs (ascenseurs, bras manipulateur, tambour de machine à laver, ...) et de capteurs (contact fin de course, bouton Marche/Arrêt, capteurs, sonde de température, ...), elle exécute les ordres qu'elle reçoit de la partie commande.
- La communication entre ces deux parties est réalisée par des interfaces (éléments traducteurs des informations circulant entre la partie commande et la partie opérative). Ces trois éléments forment une chaîne.

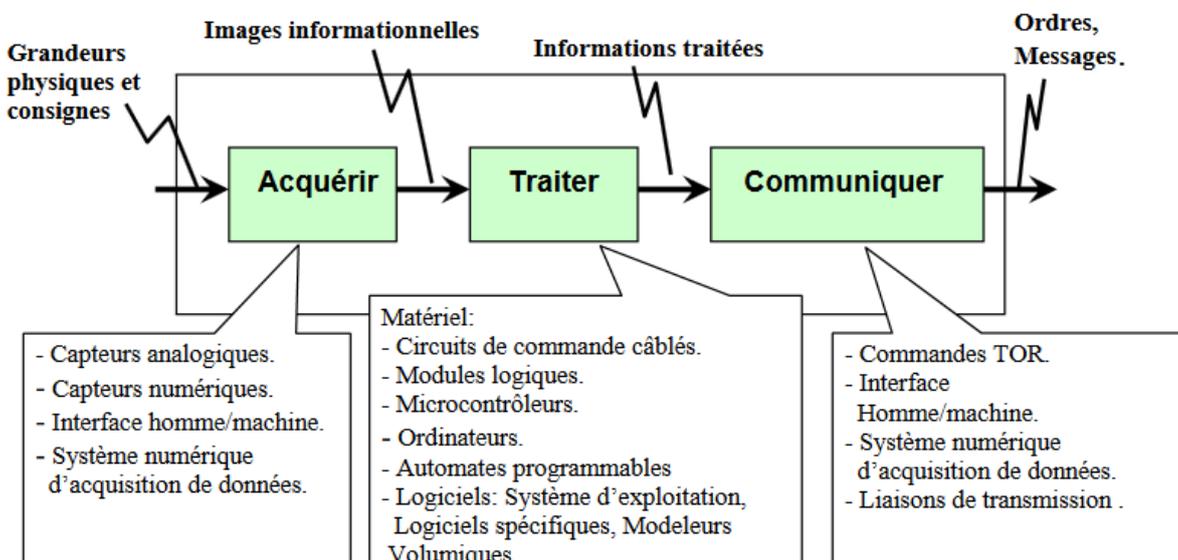
### 3- Représentation des chaînes d'énergie et d'information:



#### 3.1 Chaîne d'énergie



#### 3.2 Chaîne d'information



# Acquisition de l'information : Les capteurs

## 1. Définition :

Un capteur est un dispositif qui transforme une grandeur physique ( lumière , température , pression ..) à qui il est soumis , en image électrique ( tension , courant , impédance..).

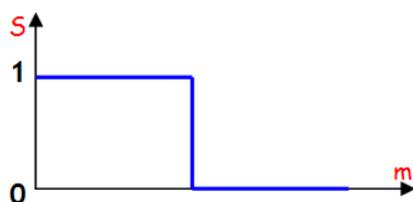


## 2. Types de capteurs :

Il existe différents types de sortie de capteur :

- Capteur tout ou rien : la sortie présente un niveau bas et un niveau haut.

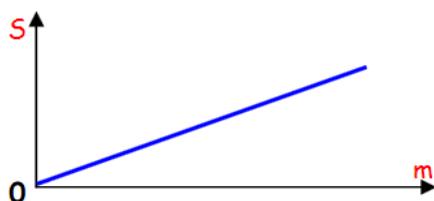
*Le signal logique :*



Ce signal ne peut prendre que deux valeurs binaires « 1 » ou « 0 » (vrai ou faux, présent ou absent). Il est appelé tout ou rien (T.O.R).

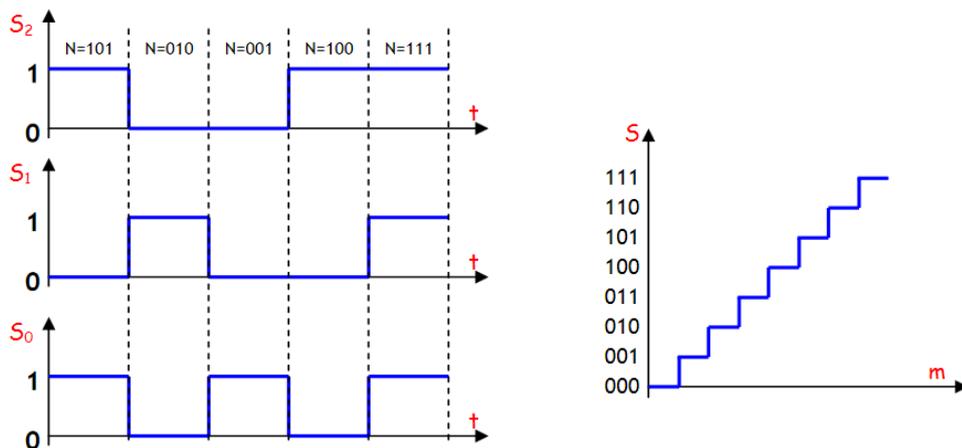
- Capteur analogique : les informations acquises par le capteur sont délivrées sous forme analogique.

*Le signal analogique :*



Ce signal électrique est proportionnel au phénomène physique mesuré. L'utilisation d'un capteur analogique n'est pas possible avec des systèmes numériques.

- Capteur numérique : les informations acquises par le capteur sont délivrées sous formes numérique et peuvent être traités directement par un ordinateur.



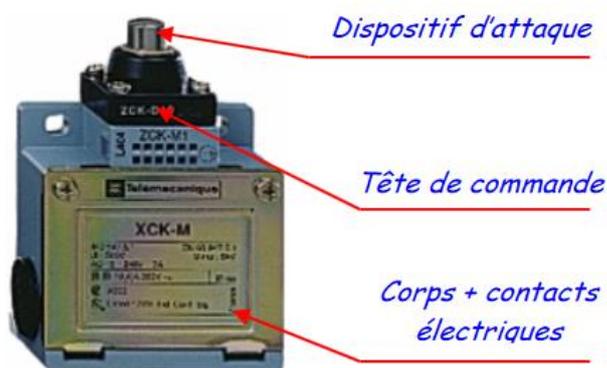
Signal numérique sur 3 bits

Ce signal est une combinaison d'état logique. A chaque combinaison, correspond une valeur en tension. Le capteur numérique présente l'avantage d'être utilisable par des systèmes numériques. La précision obtenue dépend de la résolution du capteur.

### 3. LES CAPTEURS T.O.R

#### 3.1 Détecteur (ou interrupteur) de position à action mécanique :

La détection de présence est réalisée lorsque l'objet à détecter entre en contact avec la tête de commande au niveau de son dispositif d'attaque. Le mouvement engendré sur la tête d'attaque provoque la fermeture du contact électrique situé dans le corps du capteur.



à poussoir



à galet



à levier galet



à tige souple

Symbole:



Portée nominale :

Contact direct

Tension d'alimentation :

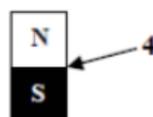
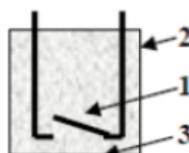
240 V AC; 250 V DC max

Ils sont utilisables pour détecter des matériaux rigides, ils servent essentiellement à détecter des présences ou des passages. Exemples : Fin de course, présence pièce sur support d'usinage; passage d'un vérin ou d'un chariot sur un rail.

#### 3.2 Détecteur magnétique ou interrupteur à lame souple (I.L.S) :

Structure :

- Un contact électrique (1)
- Un corps (2)
- Face sensible du capteur (3)
- Objet magnétique à détecter (4)



### Fonctionnement :

Lorsqu' un champ magnétique (4) est dirigé sur la face sensible (3) du capteur, le contact s'établit entre les deux bornes du capteur.

### Applications :

Ce type de détecteur est souvent monté directement sur le corps du vérin en tant que fin de course (dans ce type de montage, le piston du vérin est magnétisé)

### Caractéristiques :

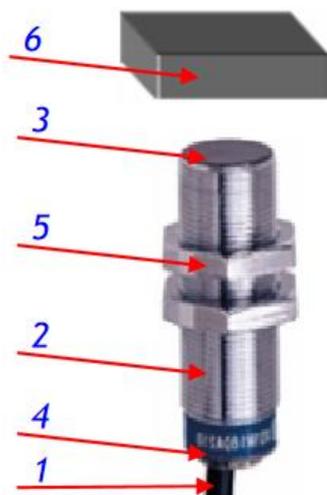
Portée nominale: Dépend de l'amplitude du champ magnétique de l'objet à détecter

Tension d'alimentation: 10 à 30 V DC

Symbole:



### 3.3 Détecteur de proximité inductif :



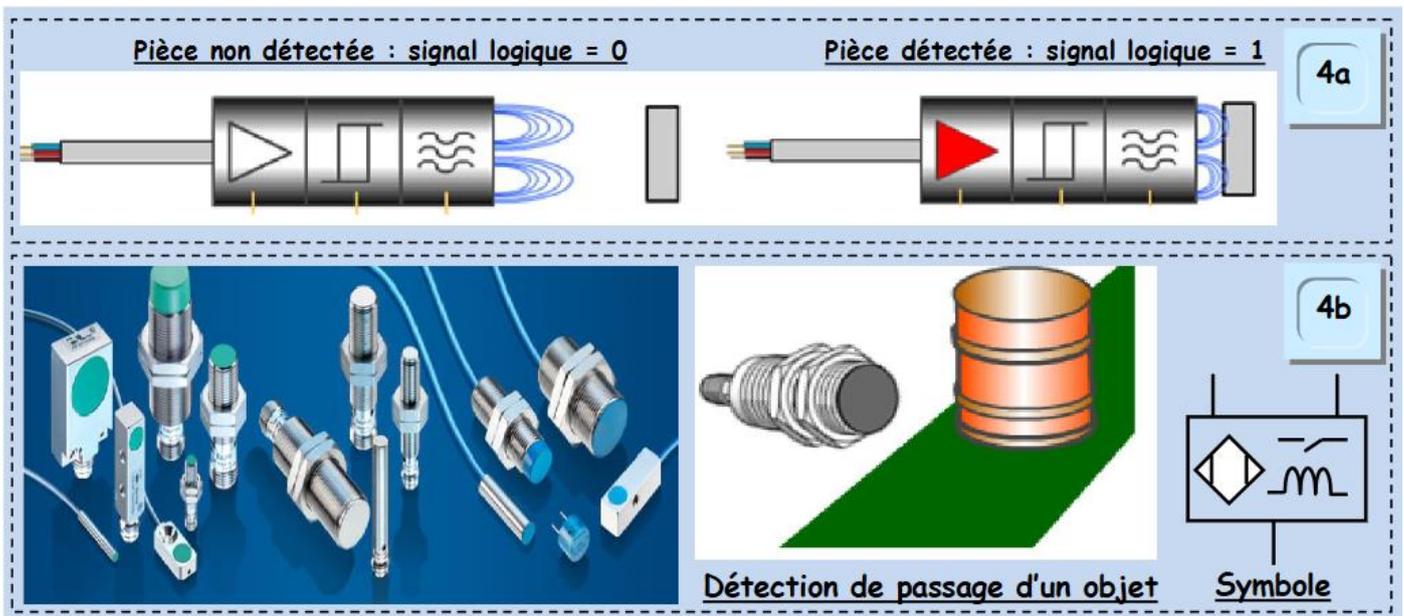
#### Structure :

- Câble (1)
- Corps fileté (2)
- Face active (3)
- Led de visualisation (4)
- Ecrous de fixation (5)
- Objet conducteur à détecter (6)

Ce type de capteur est réservé à la détection sans contact d'objets métalliques. Ces détecteurs fonctionnent grâce à la variation d'un champ électromagnétique perturbé par la proximité d'un objet métallique (conducteur du courant électrique).

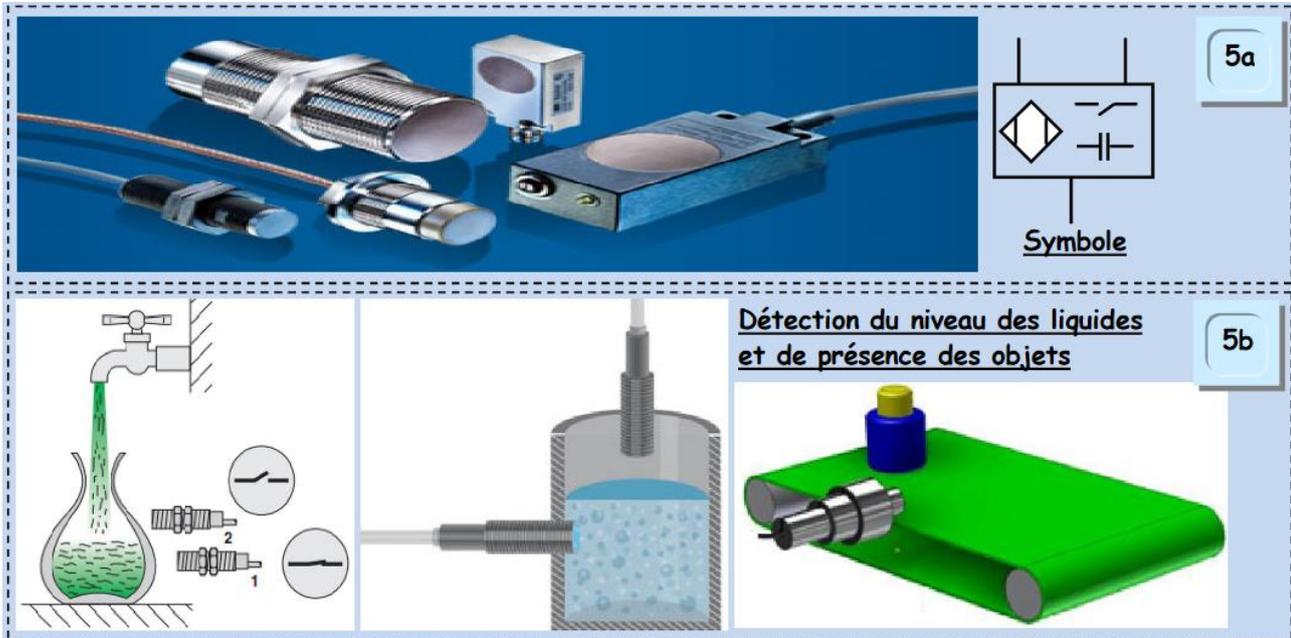
La portée de détection varie de 1 à 60 mm selon le type du capteur, les conditions d'utilisation et la nature de l'objet à détecter (acier, aluminium, cuivre, ...).

La figure 4a illustre le principe du fonctionnement d'un détecteur de proximité inductif alors que la figure 4b représente le symbole normalisé du capteur et un exemple d'application typique.

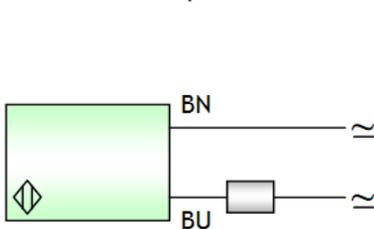


### 3.4 Détecteur de proximité capacitif :

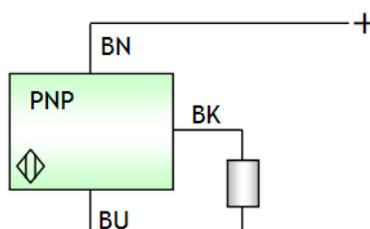
Les détecteurs de proximité capacitifs présentent l'avantage de pouvoir détecter à courte distance la présence de tous types d'objets (verre, plastique, carton, papier, métaux, liquides, poudres, ...). Le mode de fonctionnement des détecteurs capacitifs est similaire à celui des détecteurs inductifs mais ils produisent un champ électrique qui se trouve modifié par l'approche d'un objet quelconque. La figure 5a montre le symbole du capteur alors que la figure 5b donne quelques exemples d'applications.



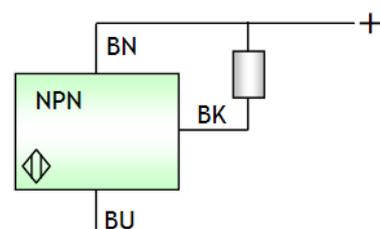
Technique de raccordement 2 fils et 3 fils.



2 fils AC/DC



3 fils type PNP



3 fils type NPN

### 3.4 Détecteur de proximité photoélectrique

Les cellules photoélectriques permettent de détecter sans contact tous les matériaux opaques ou réfléchissants, conducteurs d'électricité ou non. Ce type de capteurs se compose essentiellement d'un émetteur de lumière associé à un récepteur photosensible.

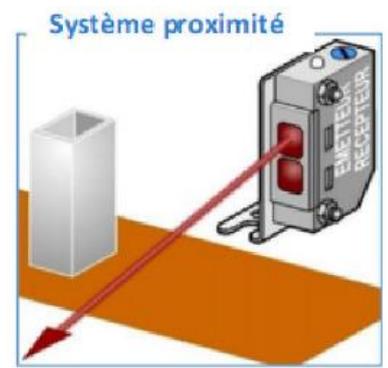
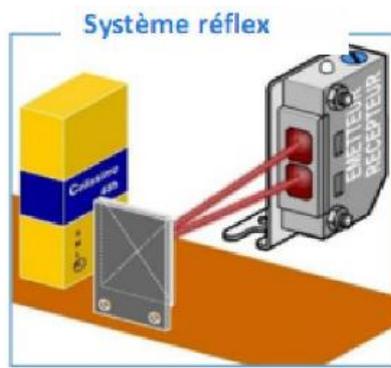
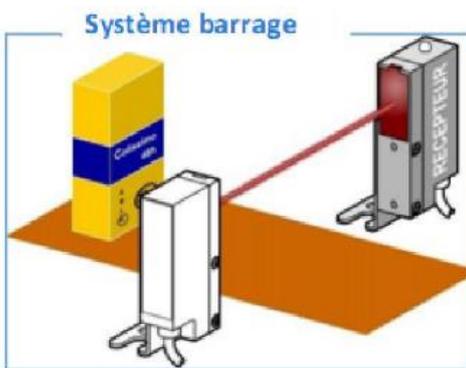


On distingue trois systèmes de base pour détecter un objet à l'aide de ce type de capteur :

**Système barrage** : L'émetteur et le récepteur sont logés dans des boîtiers séparés. L'objet est détecté lorsqu'il interrompt le faisceau lumineux. Ce système autorise les plus grandes distances, jusqu'à 30 m.

**Système réflex** : L'émetteur et le récepteur sont dans un même boîtier. Le faisceau lumineux émis est renvoyé vers le récepteur par un réflecteur. La détection se fait par coupure du faisceau. La portée est plus faible que dans le système barrage (10 à 15 m).

**Système proximité** : L'émetteur et le récepteur sont dans un même boîtier. La détection se fait lorsque le faisceau lumineux est renvoyé par l'objet. La portée est plus faible qu'avec le système réflex, elle est fonction de la couleur de l'objet, de son pouvoir réfléchissant et de ses dimensions. Elle augmente si l'objet est de couleur claire ou de grande dimension.



## 4. LES CAPTEURS ANALOGIQUES

Un capteur est un transducteur qui permet de convertir une grandeur physique à mesurer (température, vitesse, humidité, pression, niveau, débit, ...) en une autre grandeur physique mesurable.

Un capteur est dit analogique s'il fournit un signal de sortie, courant ou tension, de type analogique.

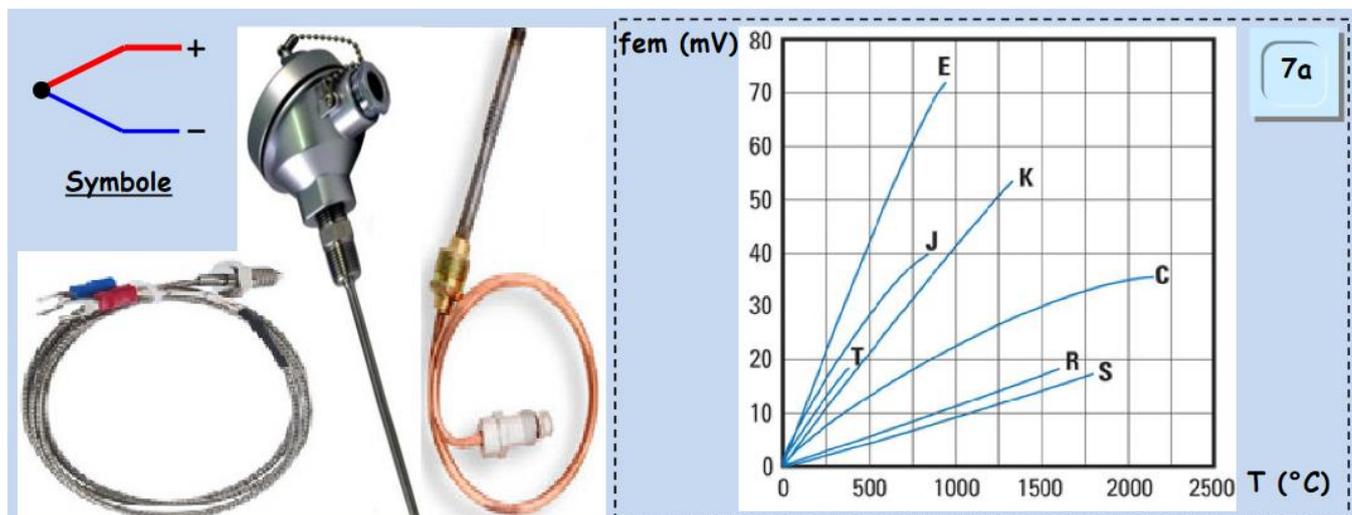
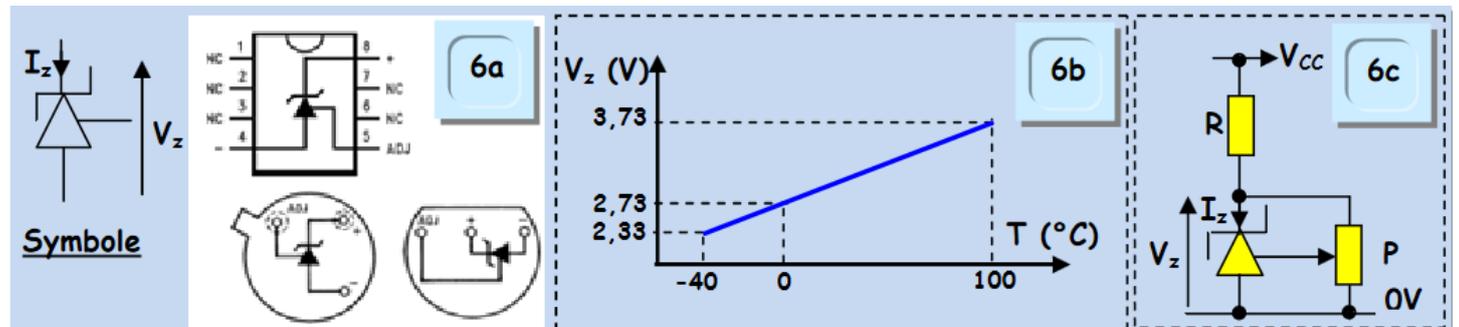
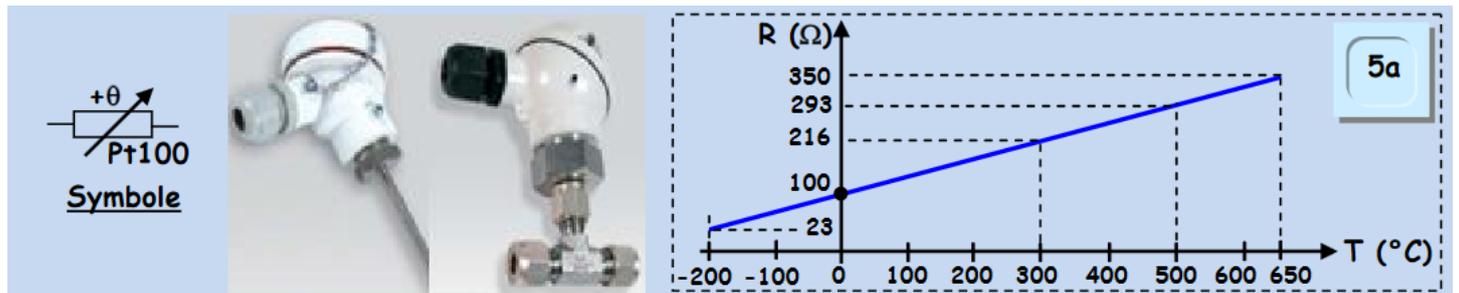
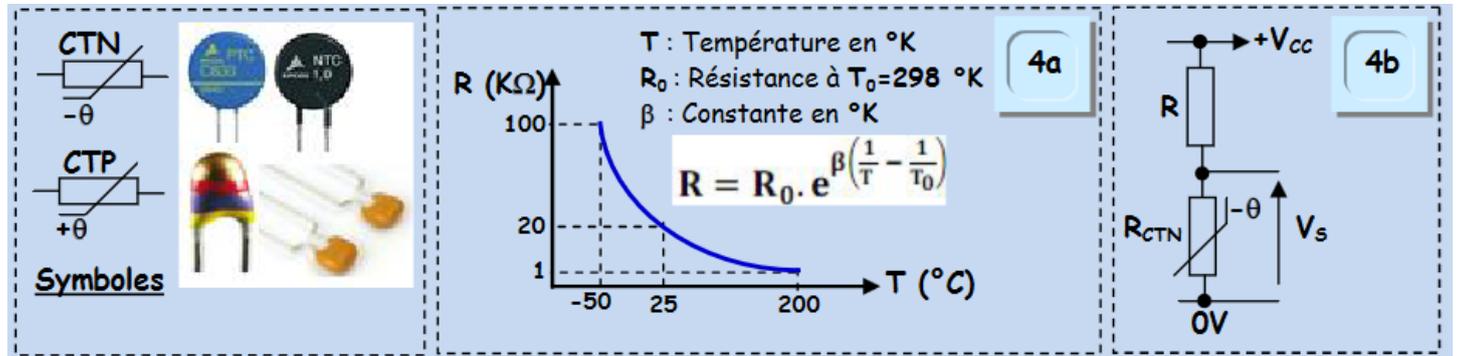
Ce signal évolue continuellement dans le temps et suit les variations de la grandeur physique d'entrée.

Il peut prendre une infinité de valeurs entre deux valeurs limites.

## Exemples de capteurs analogiques :

### Capteurs de température :

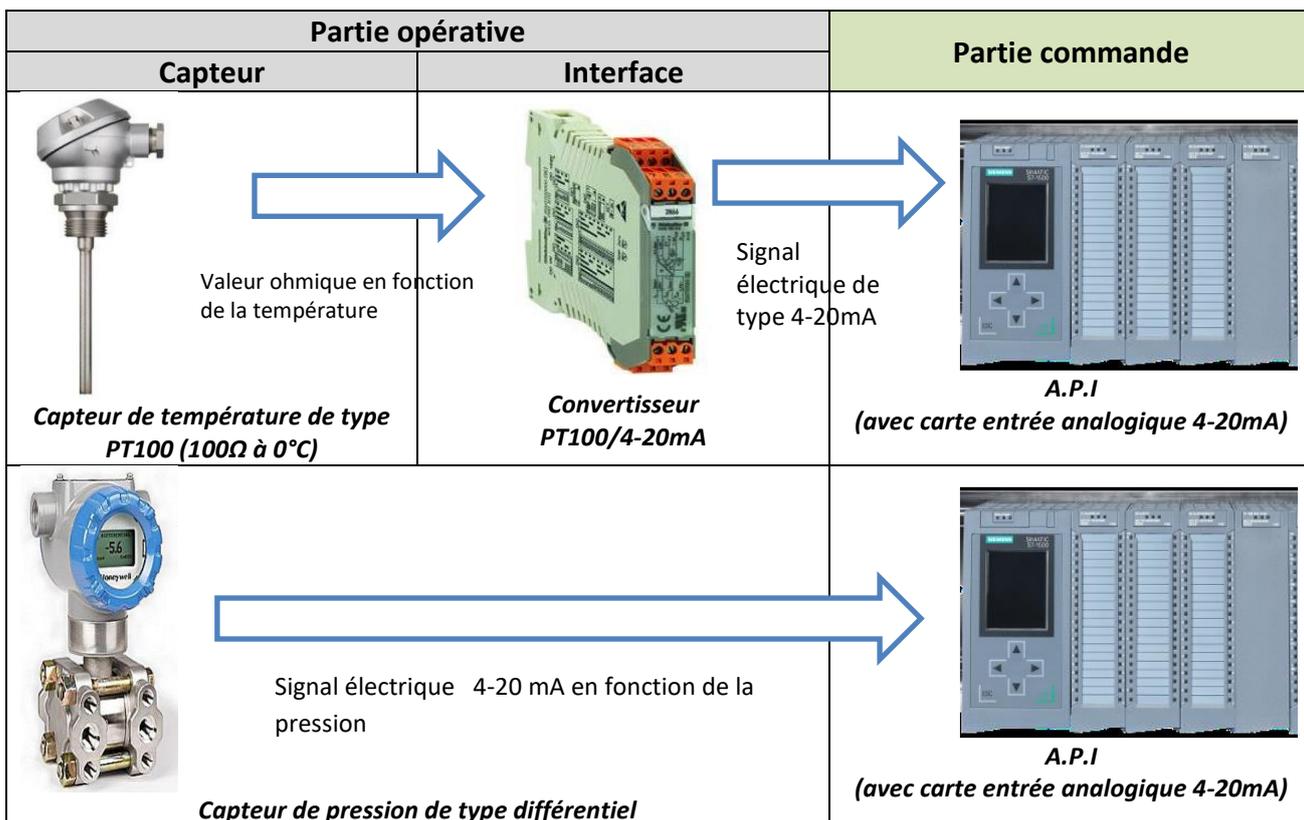
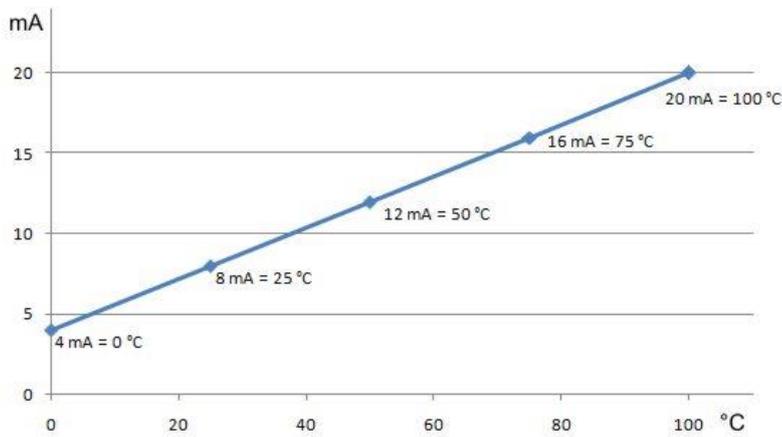
- Thermistances CTN (Coefficient de Température Négatif) ou NTC : leur résistance diminue lorsque la température augmente et vice versa.
- Thermistances CTP (Coefficient de Température Positif) ou PTC : leur résistance augmente lorsque la température croît et inversement.



## Transmetteurs analogiques

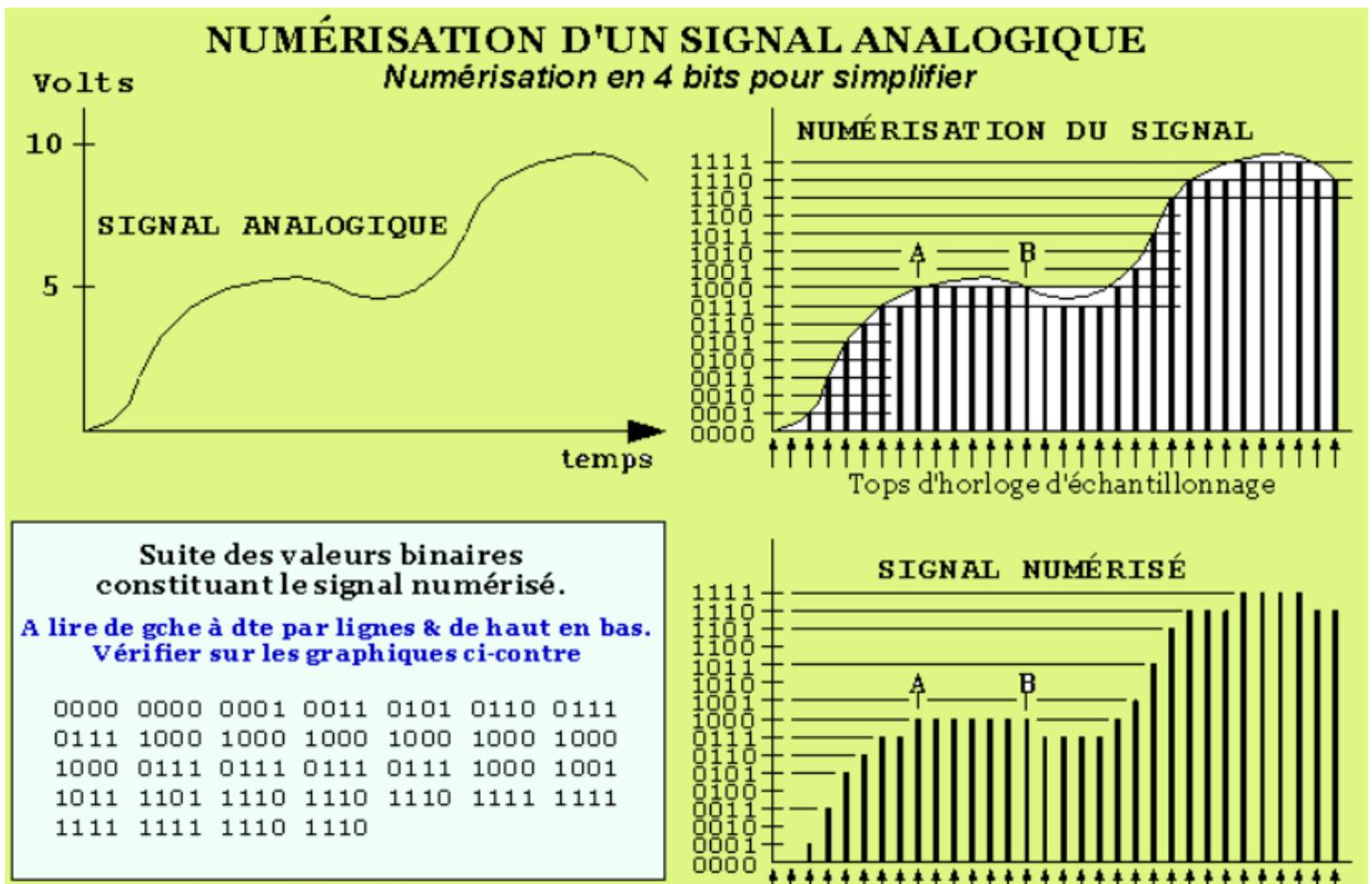
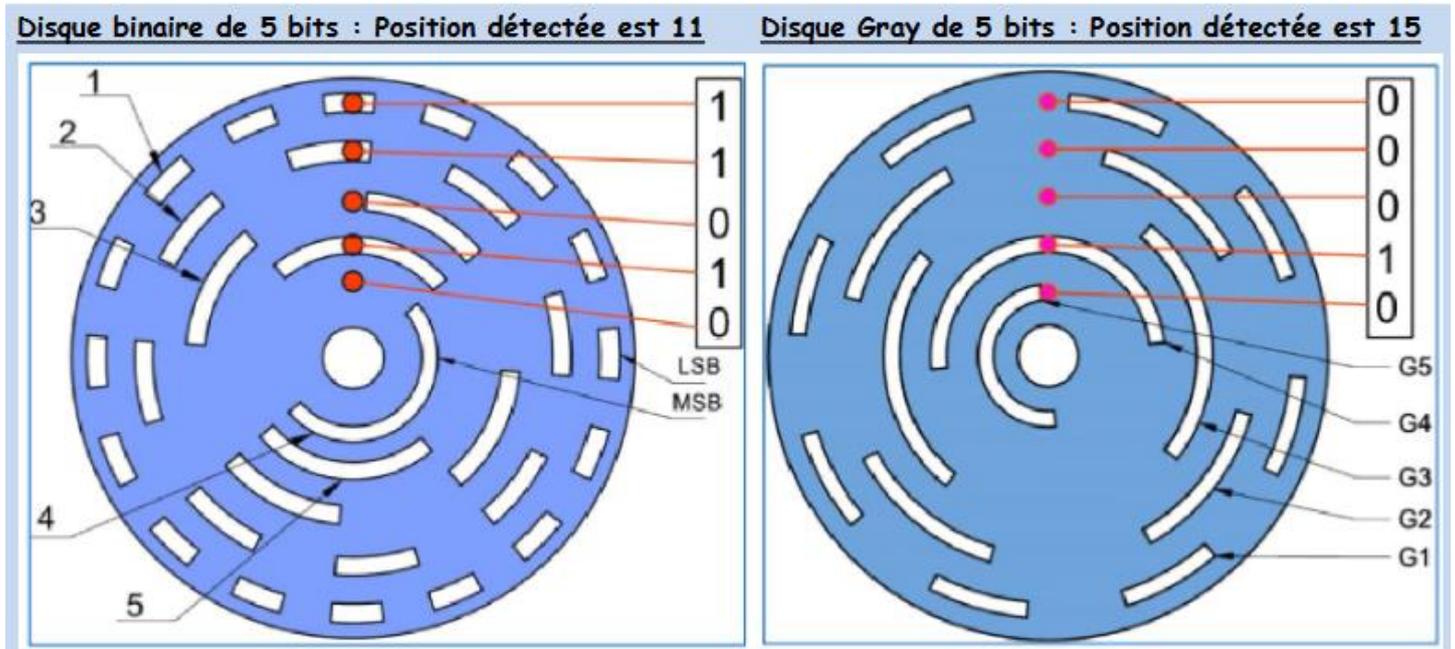
Les transmetteurs analogiques : Tension / intensité permettent d'adapter les signaux issus des capteurs pour les rendre compatibles avec l'unité de traitement (API). La variation de la grandeur d'entrée est convertie en une variation :

- En tension : de 0V, à 10V
- En intensité : de 0 mA à 20mA, ou de 4 mA à 20mA



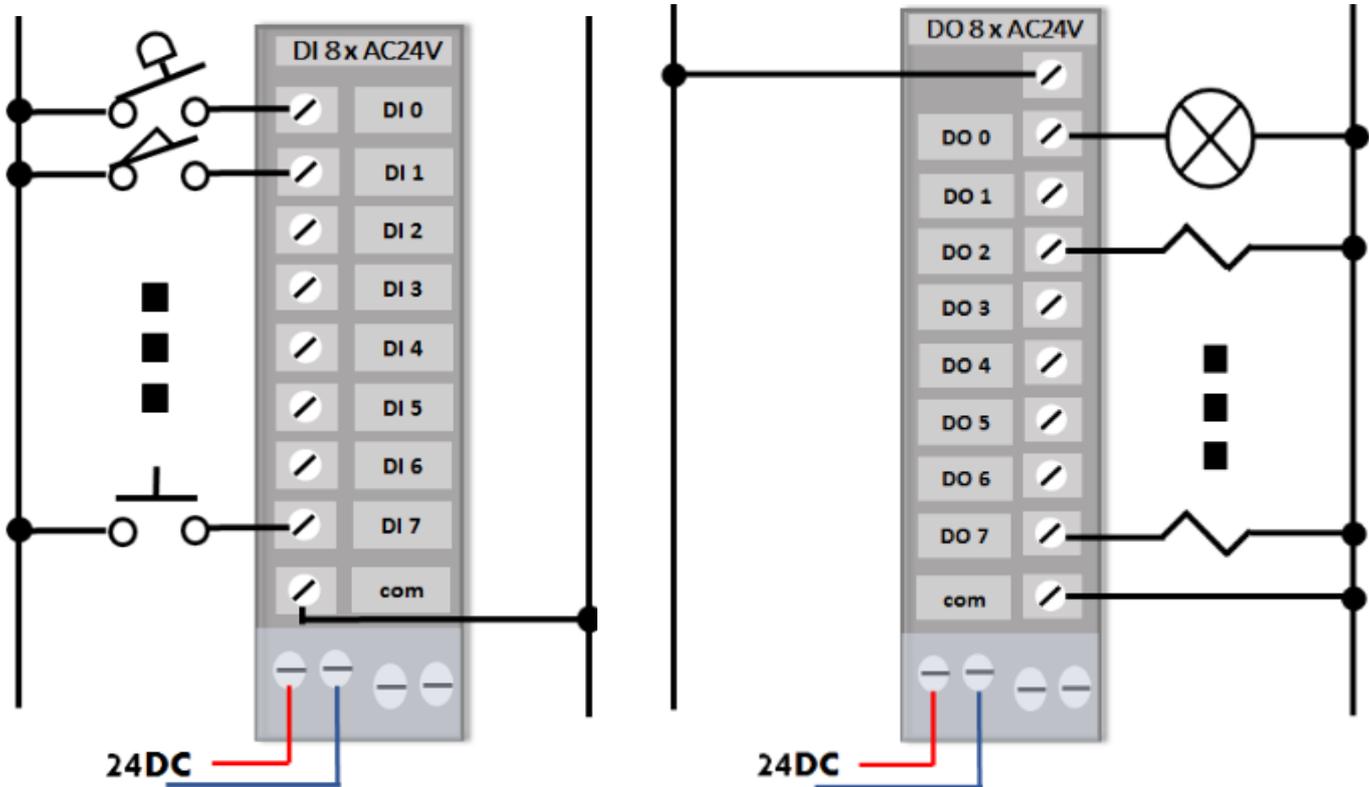
## 5. LES CAPTEURS NUMERIQUES :

Les capteurs numériques donnent en sortie une valeur finie. Par exemple, si une grandeur physique croît de manière linéaire, la sortie du capteur qui va la mesurer donnera soit une information du type "TOR" (capteur Tout Ou Rien avec seuil), un train d'impulsion (codeurs) ou un échantillonnage (conversion signal analogique en signal numérique).



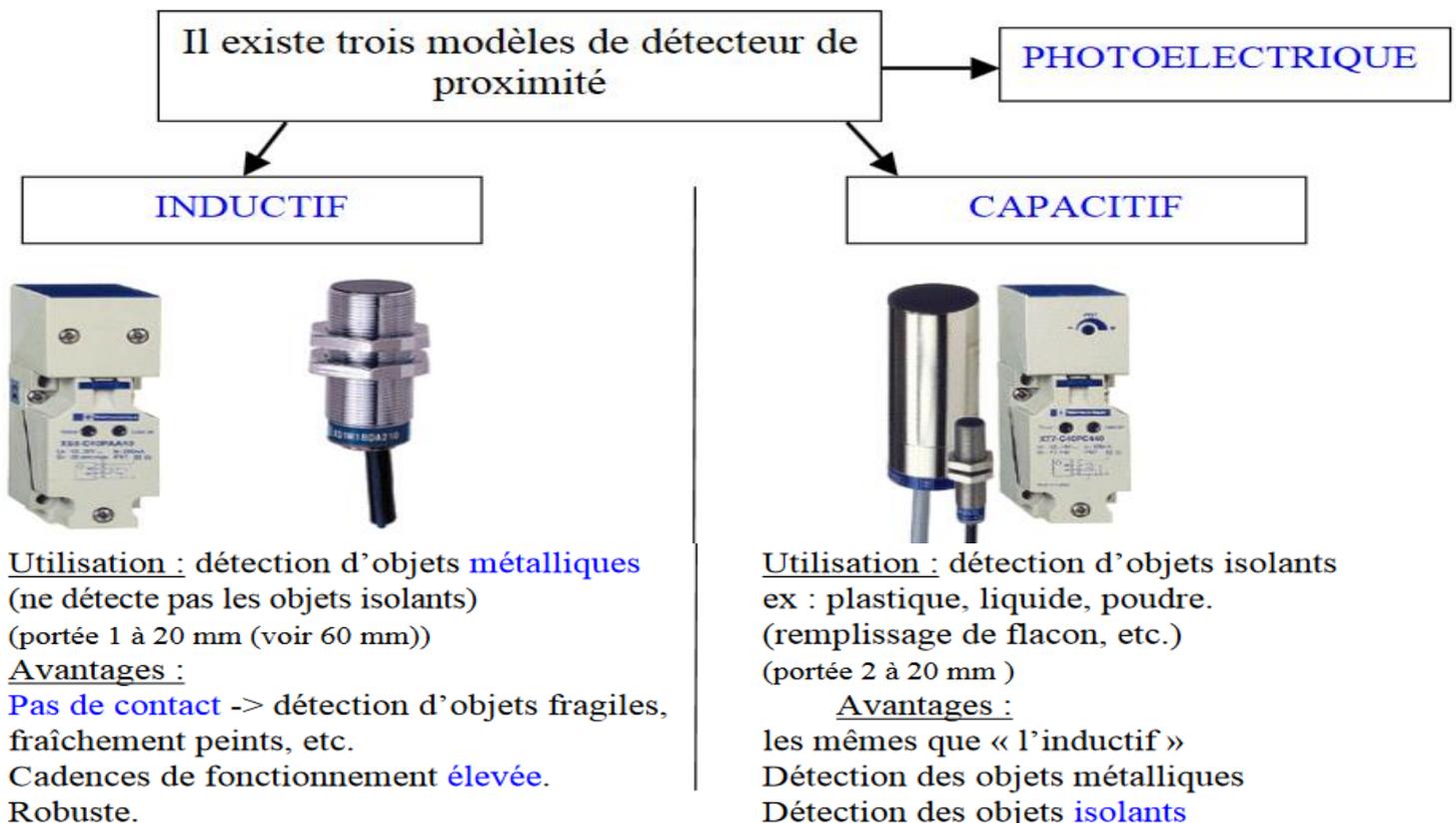
## Branchement des E/S sur API

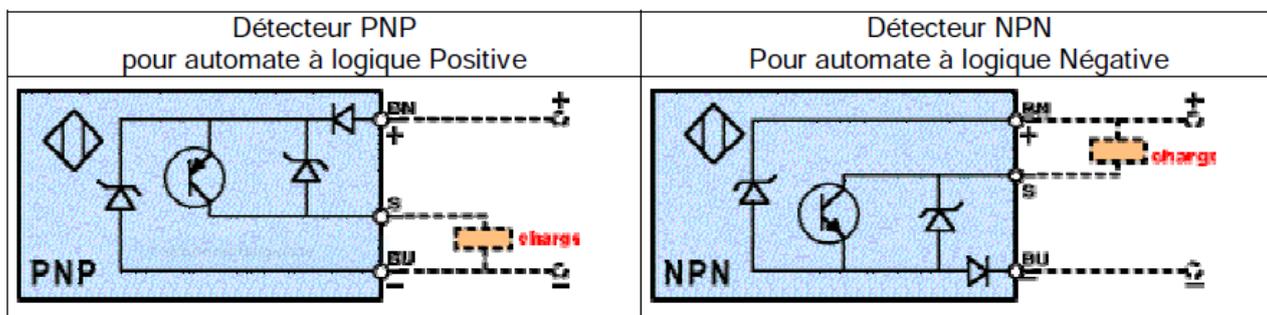
### Les entrées TOR (DI), et les sorties TOR (DO) :



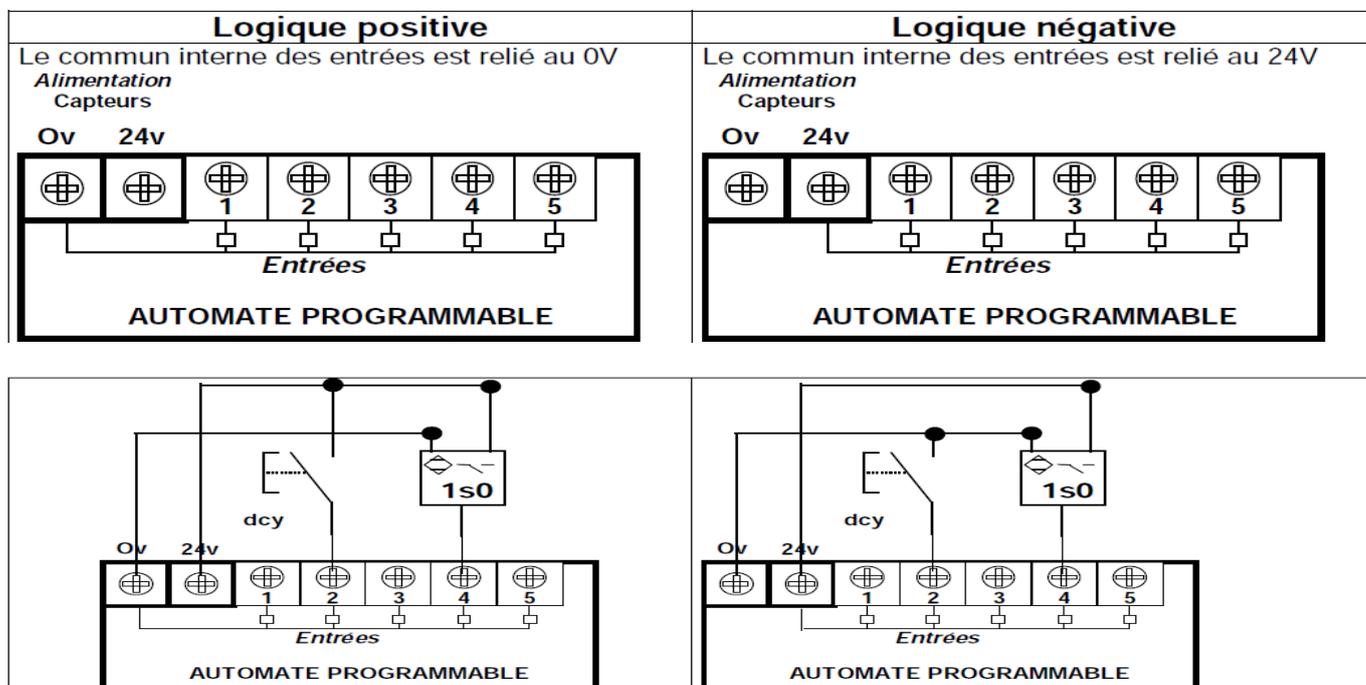
Exemple d'entrée TOR spéciaux comme les détecteurs de proximité inductifs ou capacitifs.

Ils permettent la détection de l'objet sans contact (ils ne touchent pas l'objet).



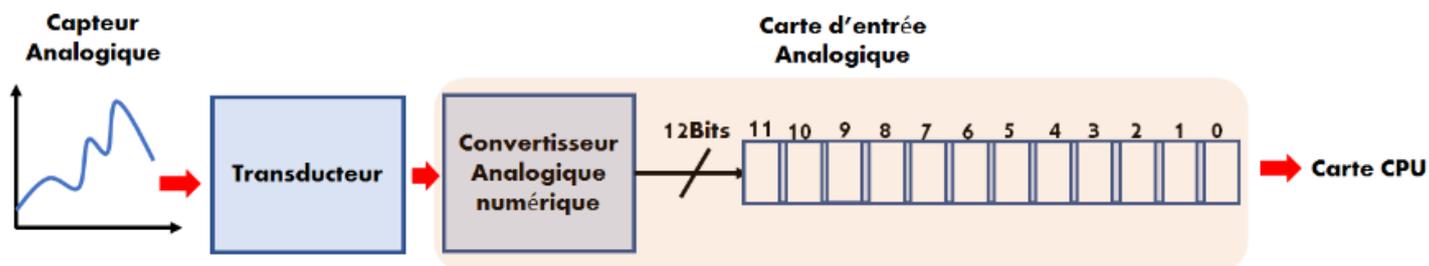


Les détecteurs 3 fils ou électronique sont de deux types PNP ou NPN.



### Les entrées analogiques (AI):

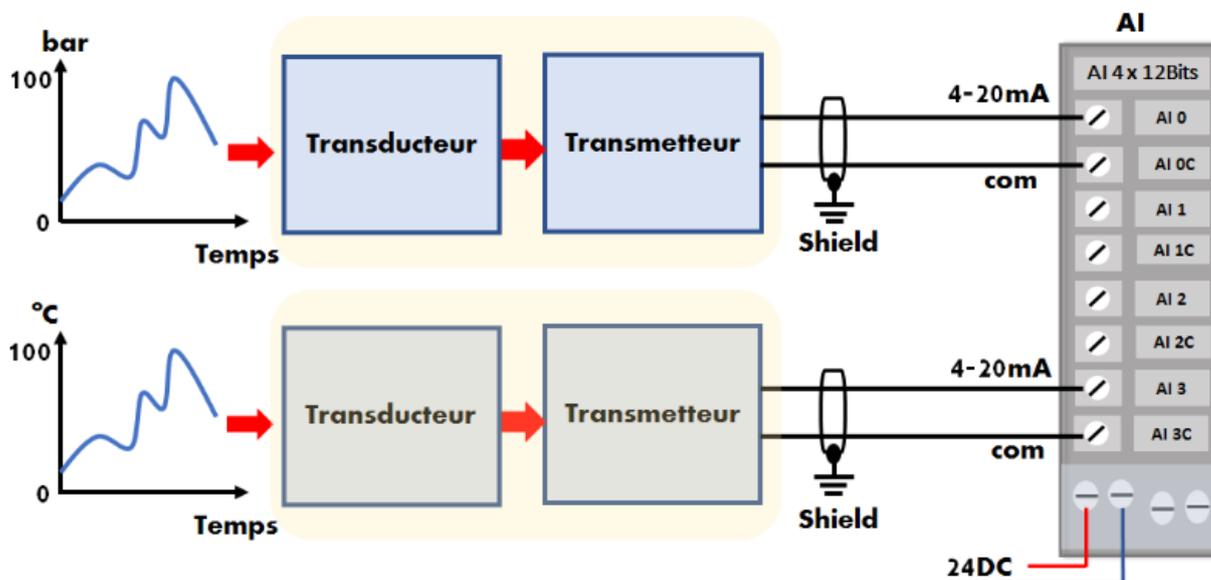
Les cartes d'entrées analogiques sont utilisées dans les applications où le signal est continu. Contrairement aux signaux TOR, qui ne possèdent que deux états (ON et OFF), les signaux analogiques ont un nombre infini d'états. Par exemple, la température, donne un signal analogique car il varie continuellement par la variation de la température.



Le signal d'entrée peut être une tension (0 à 10V) ou courant (4 à 20mA)

Le rôle du transducteur est de transformer le signal d'entrée en un signal électrique normalisé que l'entrée analogique peut reconnaître (exemple 0-100 bar en 4-20mA).

Notant que le transducteur génère un signal électrique de très faible niveau (courant ou tension), donc on doit amplifier ce signal par l'utilisation des transmetteurs, qui à leurs tour envoient le signal à la carte d'entrée analogique



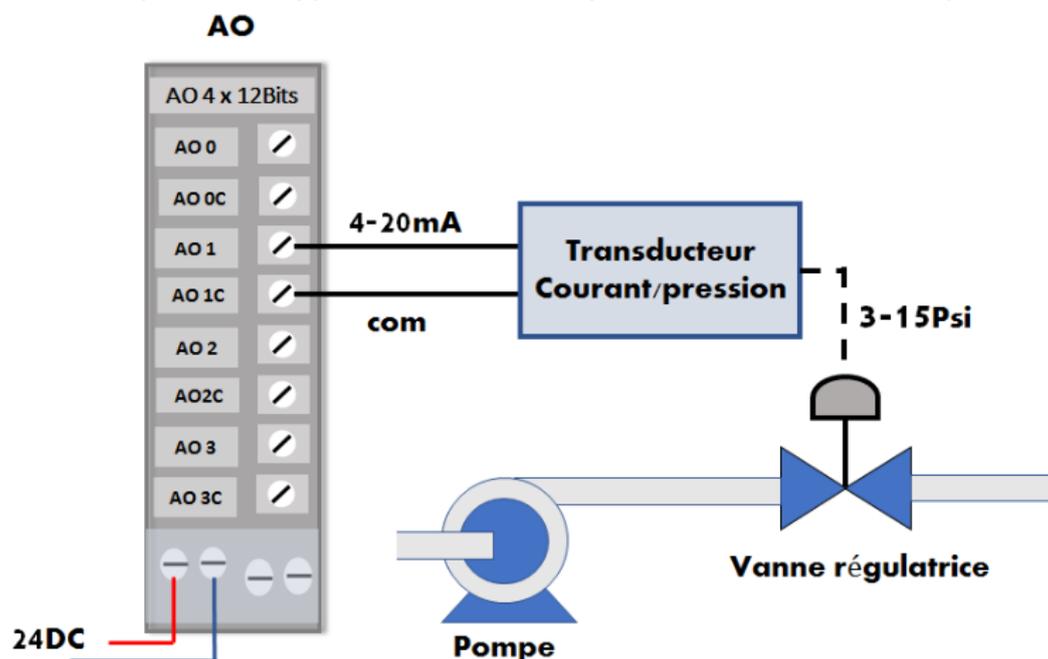
### Autres capteurs analogiques :

Capteur de débit, Capteurs d'humidité, Potentiomètres, Capteur de pression, Capteur de vibrations, Capteur de température, Capteur de niveau, Capteur de vitesse, Positionneur de vanne, Etc.

### Les sorties analogiques (AO) :

Les cartes de sorties analogiques sont utilisées dans les applications nécessitant le contrôle des actionneurs répondant à des niveaux de tension ou de courant d'une façon continu.

Un exemple de ce type de carte utilisé pour le débit volumétrique d'une sortie de pompe.



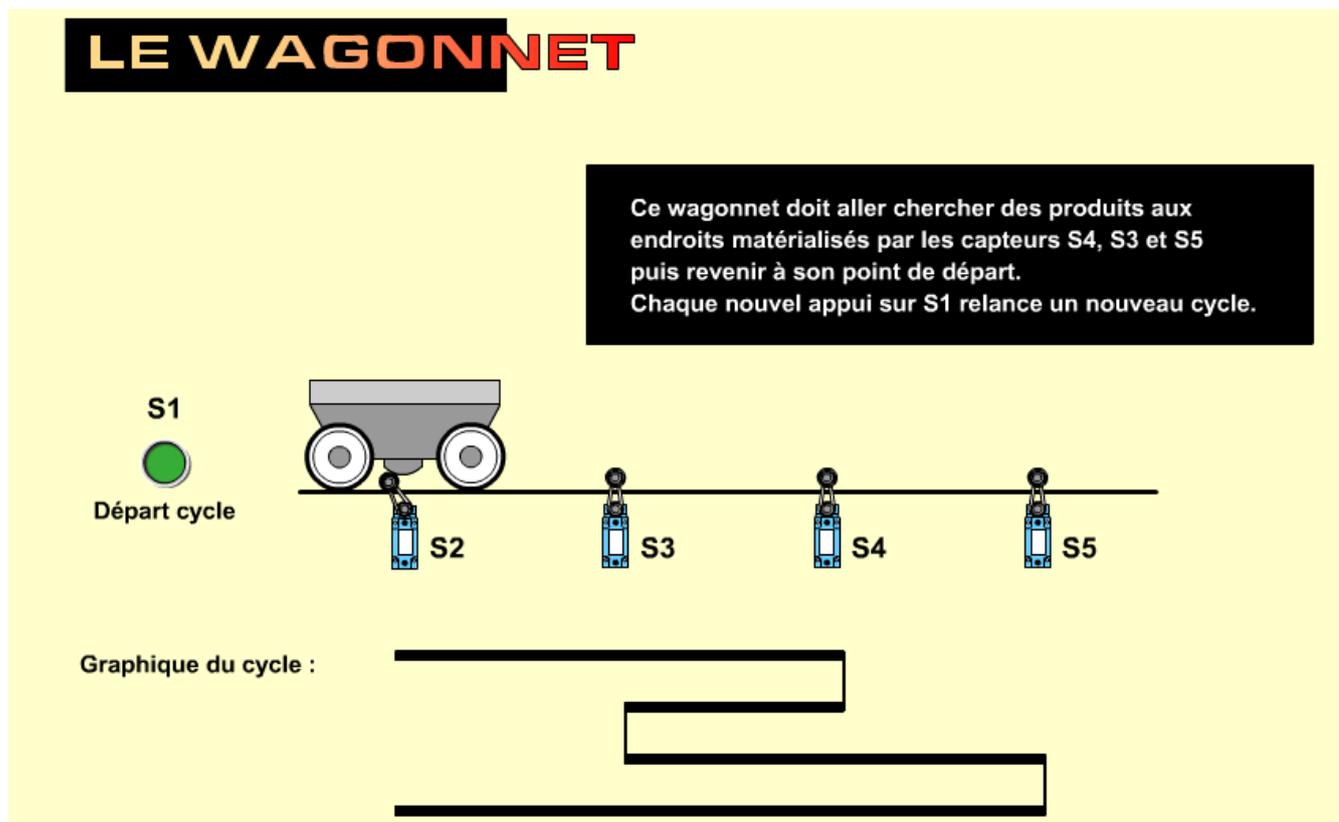
# Systemes électriques commandés par API

A partir du cahier de charge on établit les schémas des circuits électriques de réalisation, deux cas sont envisagés :

- + La logique câblée pour les installations simples (circuit de puissance et commande)
- + La logique programmée (circuit de puissance est identique alors que le circuit de commande câblée est remplacé par le câblage des entrées sorties sur cartes d'E/S de l'API suivi d'une programmation car la résolution du cahier de charge est souvent résolue avec Grafcet

Cette dernière logique est notre objective qu'on va traiter avec des exemples.

## Problème 1 : (Le wagonnette) :

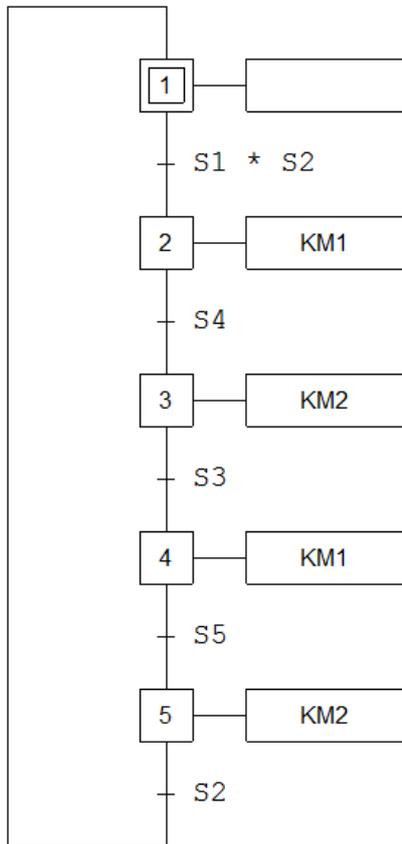


### 1) Identification des entrées /sorties :

Entrées		Sorties	
Départ cycle	S1	Déplacement à droite	KM1
Wagonnet en position poste 1	S2	Déplacement à gauche	KM2
Wagonnet en position poste 2	S3		
Wagonnet en position poste 3	S4		
Wagonnet en position poste 4	S5		

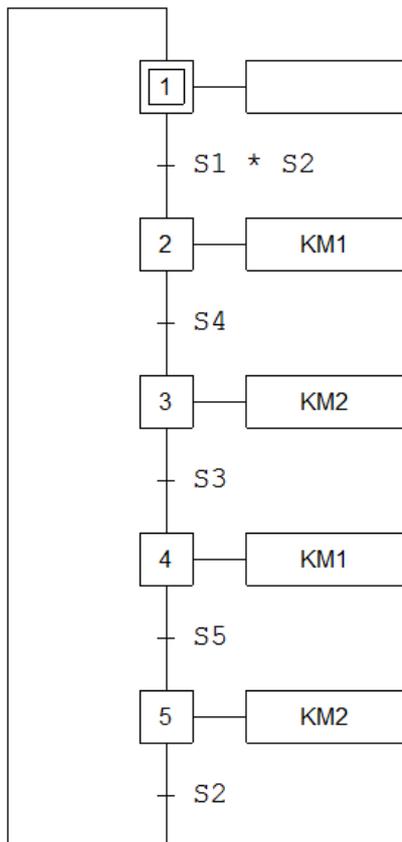
**NB :** On peut utiliser un bouton initialisation (INIT) comme on peut utiliser une autre solution d'initialisation (produit des étapes non actives « $\bar{X}$ » à l'exception de l'étape initiale).

## 2) GRAFCET du point de vue partie commande ou Grafcet niveau 2



## 3) Mise en équation des étapes et actions

### 3.1) solution 1 avec relais monostable :



$$X1 = \{(X5 * S2) + X1 + INIT\} * \overline{X2}$$

$$X2 = \{(X1 * S1 * S2) + X2\} * \overline{X3}$$

$$X3 = \{(X2 * S4) + X3\} * \overline{X4}$$

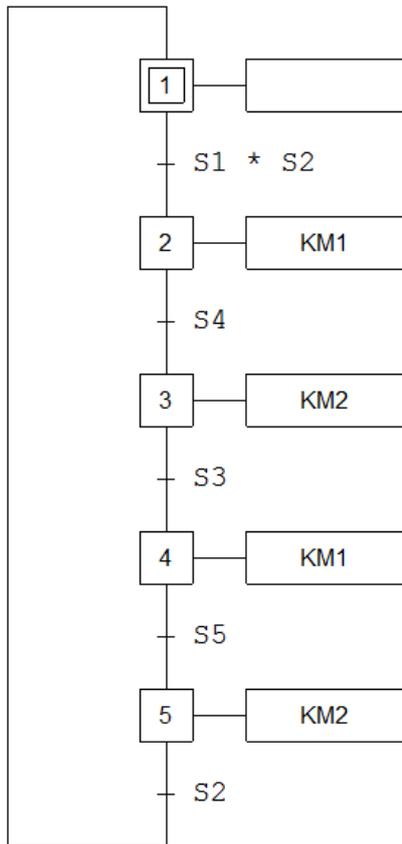
$$X4 = \{(X3 * S3) + X4\} * \overline{X5}$$

$$X5 = \{(X4 * S5) + X5\} * \overline{X1}$$

$$KM1 = X2 + X4$$

$$KM2 = X3 + X5$$

### 3.2) solution 2 avec Bascule RS :



$$S1 = (Q5 * S2) + INIT$$

$$R1 = Q2$$

$$S2 = Q1 * S1 * S2$$

$$R2 = Q3$$

$$S3 = Q2 * S4$$

$$R3 = Q4$$

$$S4 = Q3 * S3$$

$$R4 = Q5$$

$$S5 = Q4 * S5$$

$$R5 = Q1$$

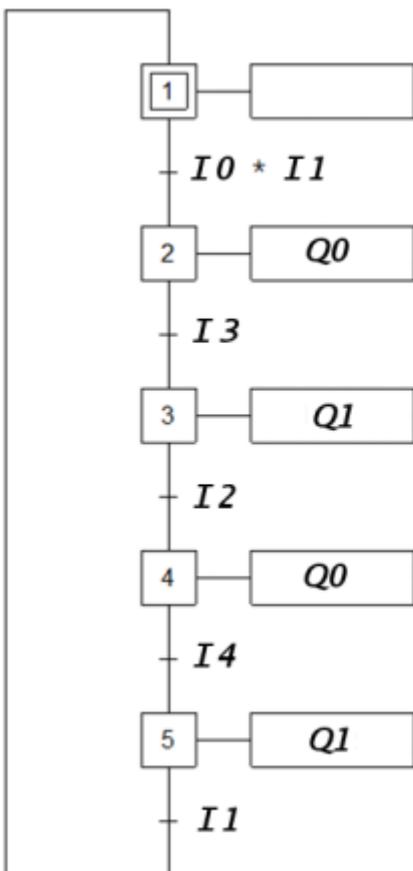
$$KM1 = Q2 + Q4$$

$$KM2 = Q3 + Q5$$

*Q : pour bascule RS et X ; M pour API*

### 4) Câblage des entrées sorties sur API

#### 4.1) Grafcet du point de vue API



*Affectation des adresses :*

- Entrées :

S1 : I0

S2 : I1

S3 : I2

S4 : I3

S5 : I4

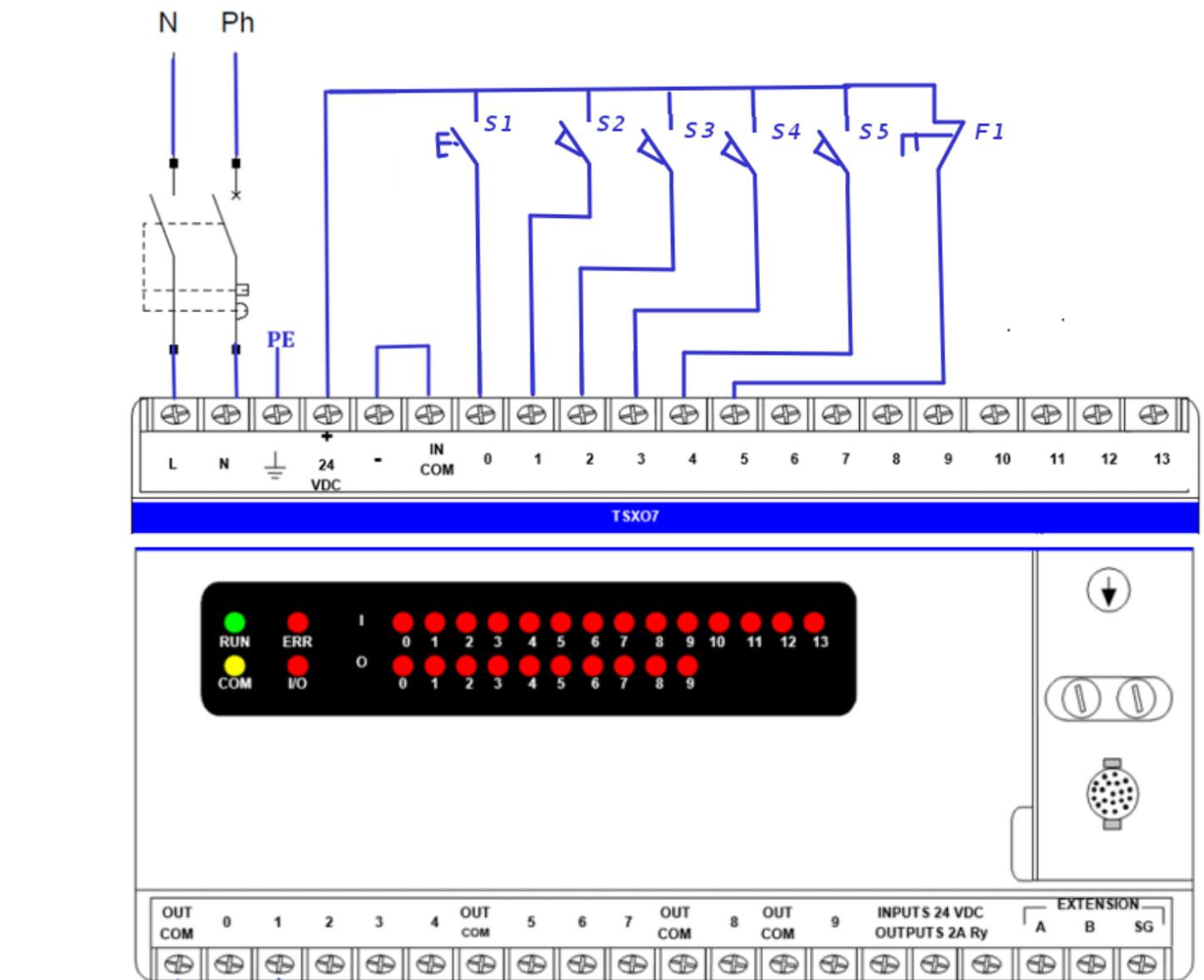
F1 : I5

- Sorties :

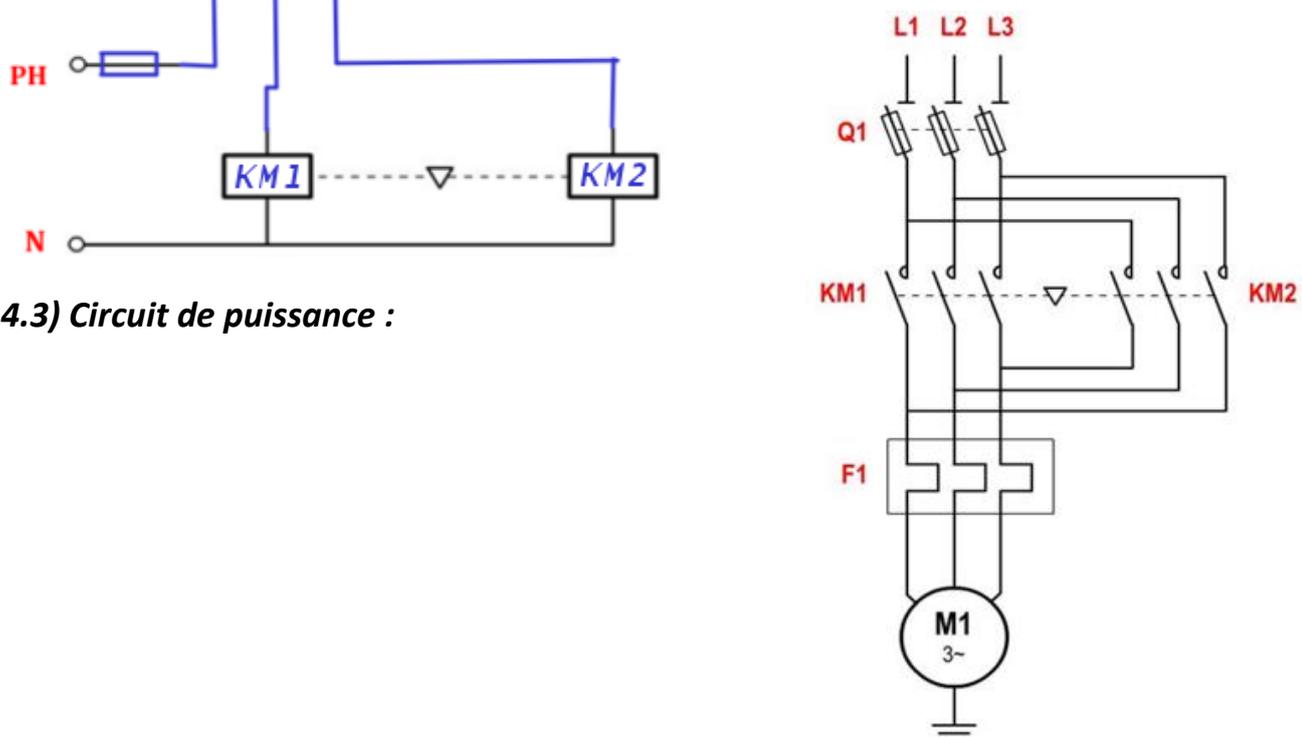
KM1 : Q0

KM2 : Q1

#### 4.2) Câblage des entrées sorties sur API :

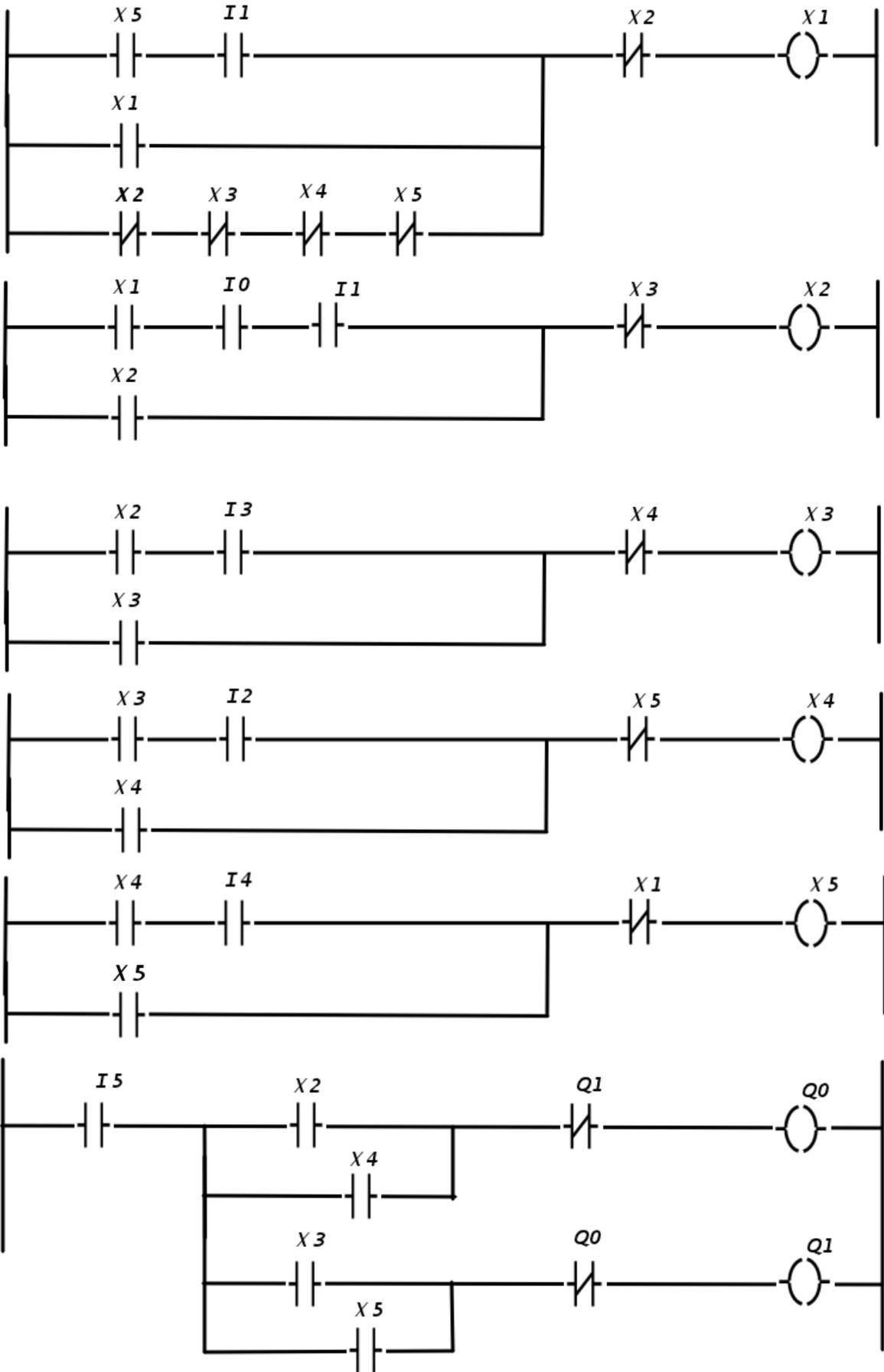


#### 4.3) Circuit de puissance :

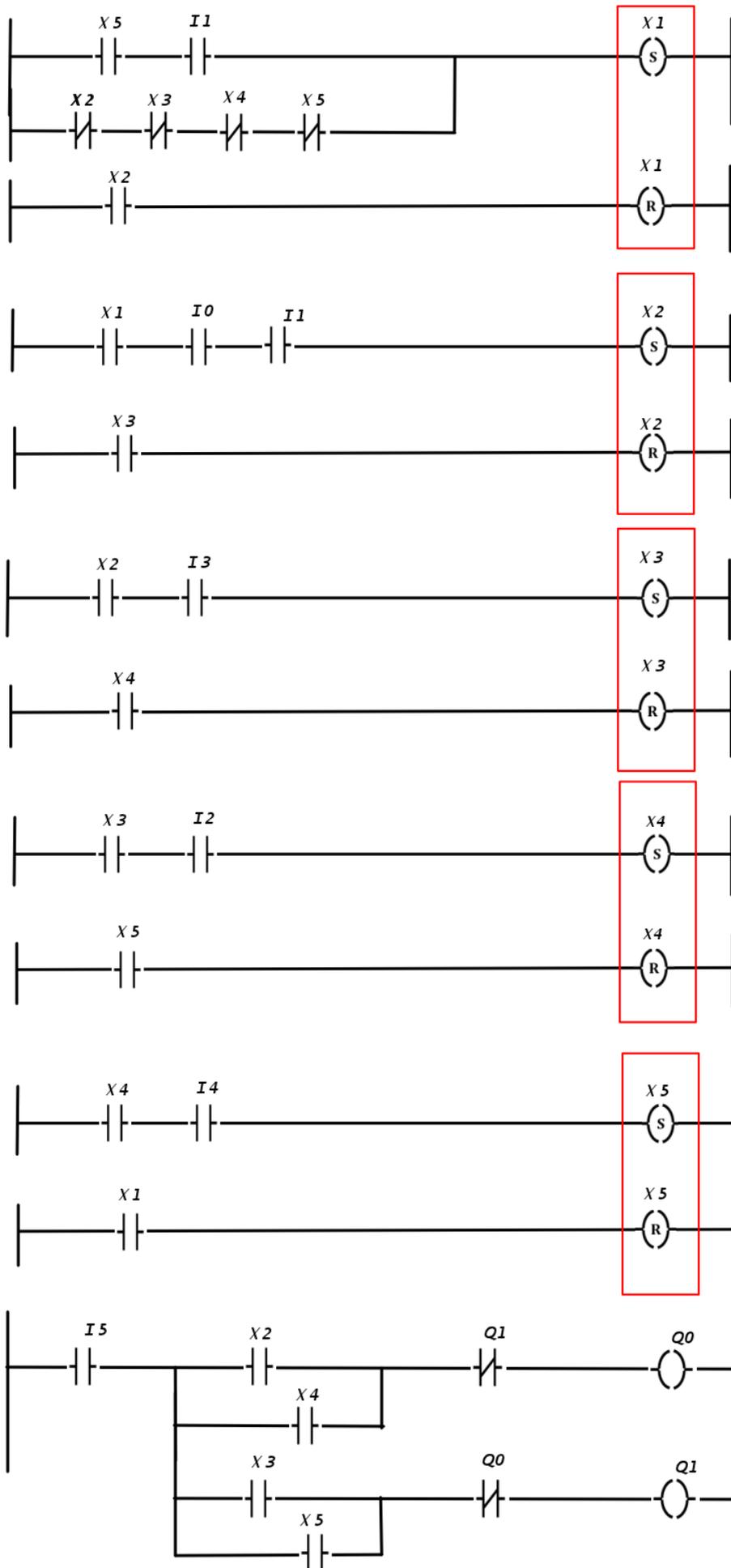


5) Programme de l'API en langage LADDER (à contact)

5.1) programme avec mode monostable « solution 1 »

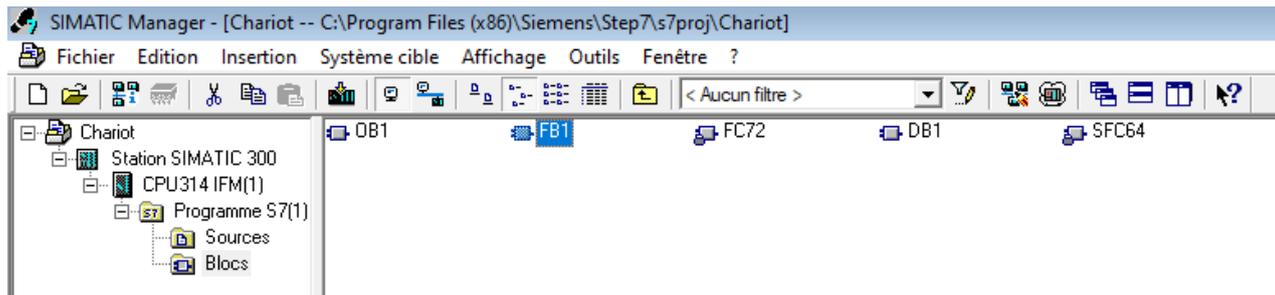


## 5.2) programme avec mode bistable « solution 2 »

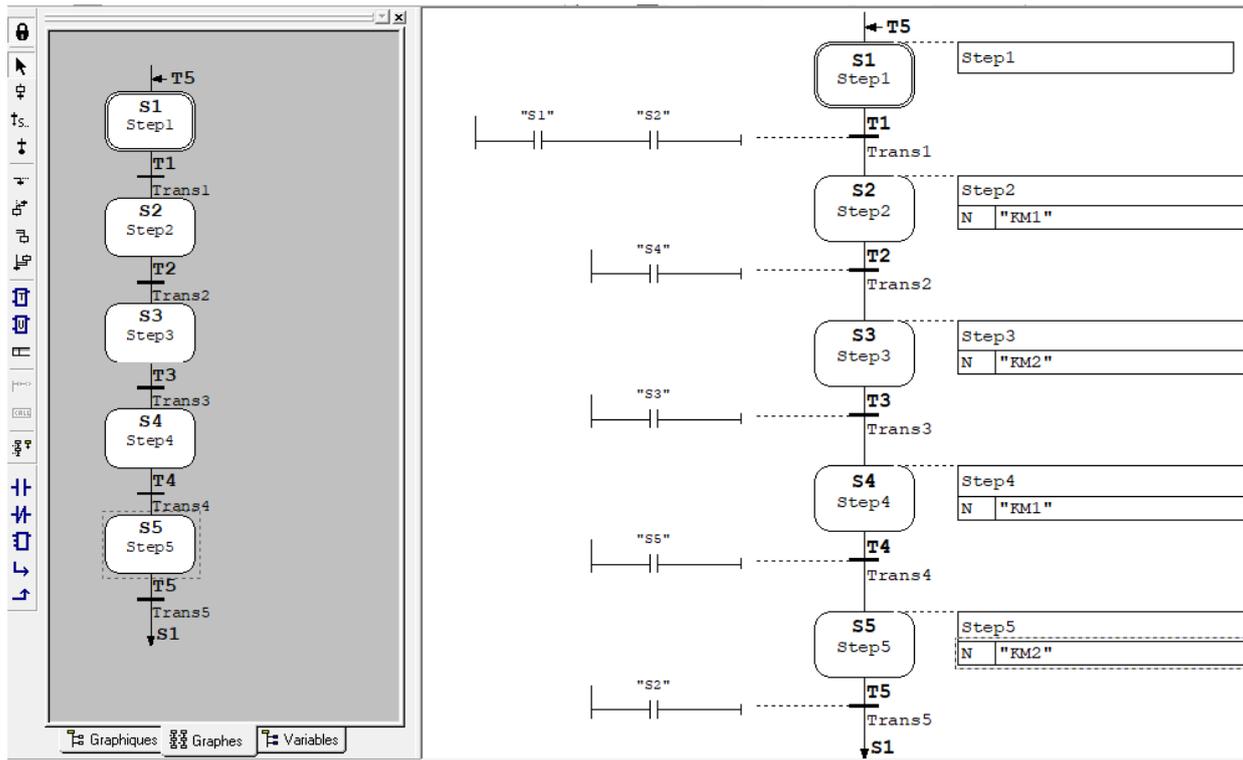


## 5.2) programme avec SIMATIC STEP 7 (S7-GRAPH) :

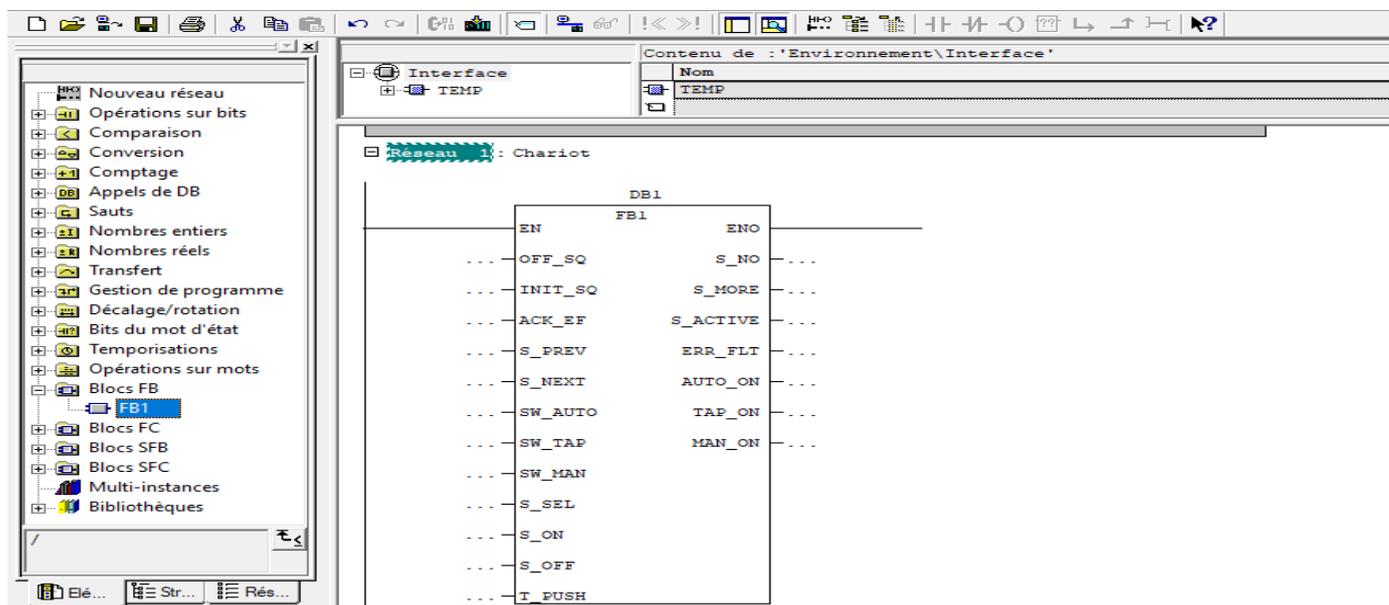
### Création d'un FB



### Programme FB



### Appel du FB dans l'OB1 est obligatoire



## Types d'actions :

**N** : Tant que l'étape est active, l'opérande est à 1.

**S** : Set (mise à 1) : dès que l'étape est active, l'opérande est mis à 1 et reste ensuite à 1 (mémoire).

**R** : Reset (remise à 0) : dès que l'étape est active, l'opérande est mis à 0 et reste ensuite à 0 (mémoire).

**D** : Delay (retard à la montée) : n secondes après l'activation de l'étape, l'opérande est à 1 pour la durée de l'activation.

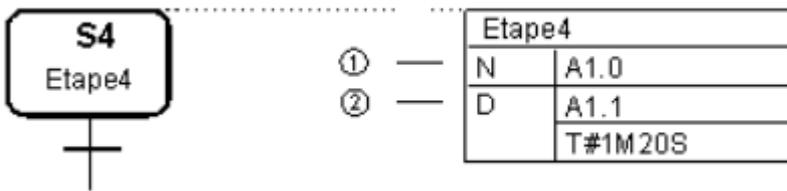
**L** : Impulsion limitée : quand l'étape est active, l'opérande est à 1 pendant n secondes (non mémoire).

**CALL** : Appel de bloc : tant que l'étape est active, le bloc spécifié est appelé.

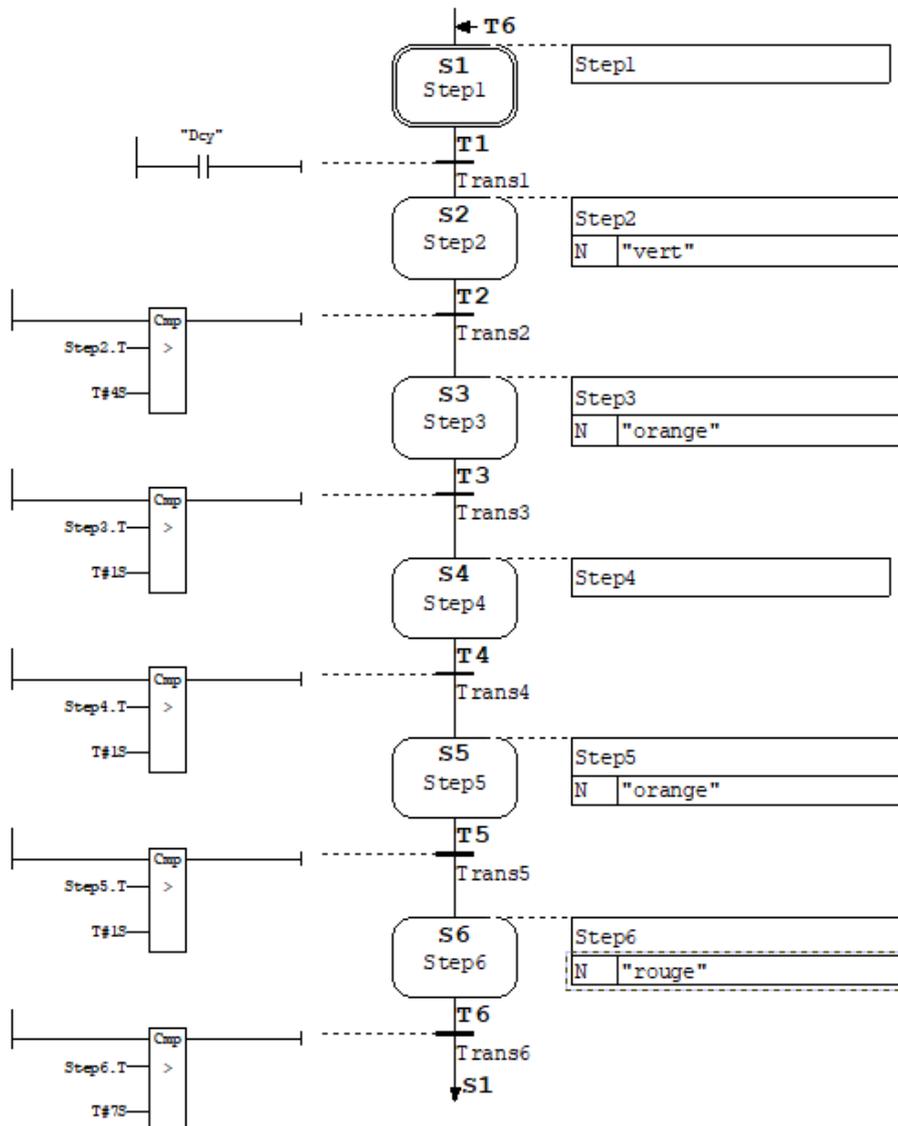
Exemple de constante de temps : T#<const>

<const>= nD (n jours), nH (n heures), nM (n minutes), nS (n secondes), nMS (n millisecondes), sachant que n = nombre (entier).

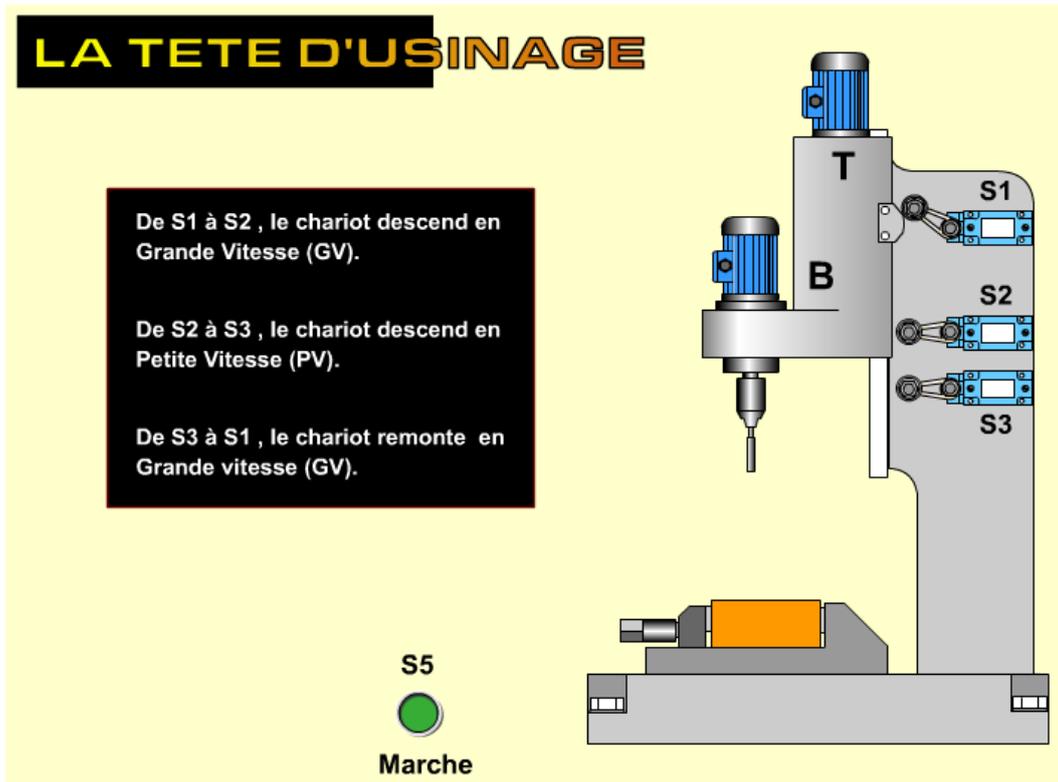
Exemple : T#2D3H : constante de temps = 2 jours et 3 heures



Temporisation des étapes : exemple feu de croisement



## Problème 2 : (La tête d'usinage) :

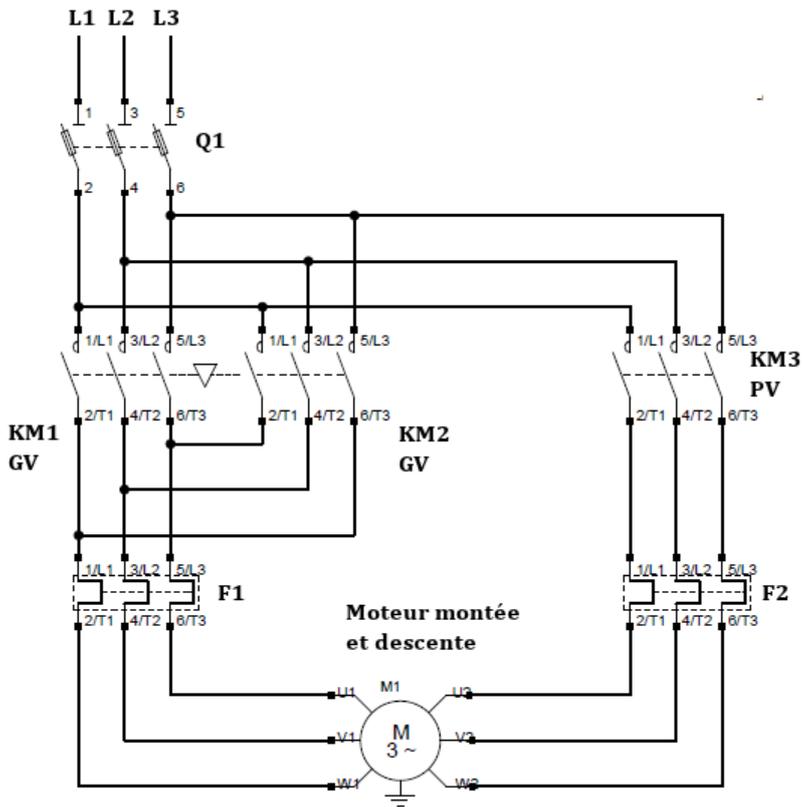


### Travail demandé :

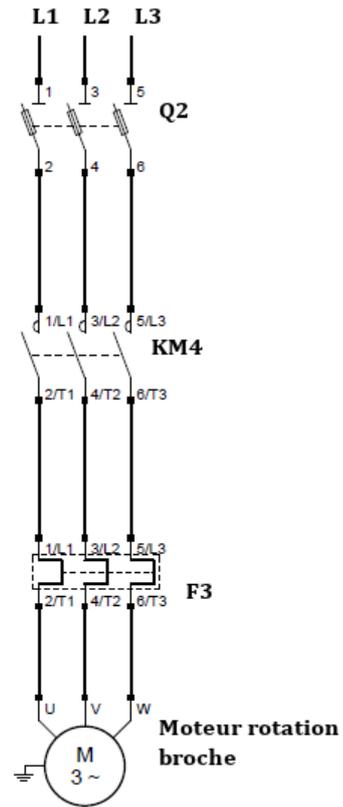
- 1- Etablir le grafcet du point de vue partie commande (grafcet niveau 2)
- 2- Etablir le grafcet du point de vue API
- 3- Identification des entrées /sorties dans le tableau ci-dessous :
- 4- Réaliser le câblage des entrées et sorties sur API
- 5- Réaliser le programme en Ladder (mode monostable)
- 6- Réaliser le programme en Ladder (mode bistable)

Entrées		Sorties	
Départ cycle		Descente de la broche GV	
Perceuse en position haut		Montée de la broche GV	
Début perçage		Descente de la broche PV	
Fin perçage		Rotation de la broche	
Relais thermique GV			
Relais thermique PV			
Relais thermique rotation broche			

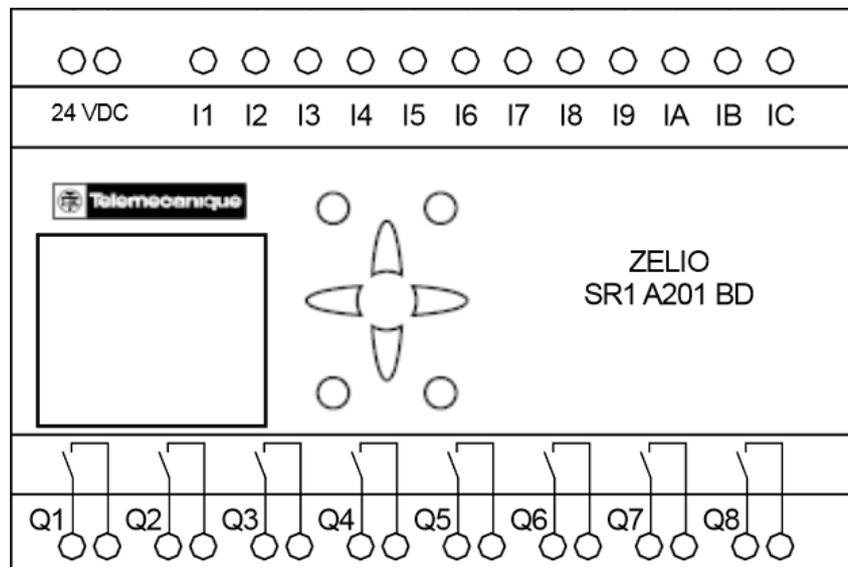
## Circuit de puissance



**Moteur à enroulements séparés**



**Moteur à cage**



### **Problème 3 : (cahier de charge) :**

La gestion d'une installation électrique comportant trois moteurs M1, M2, M3 est traitée par un automate programmable.

Le fonctionnement est décrit comme suite :

- L'appui sur le bouton marche S1 provoque le démarrage de M1 dans le sens 1
- 10 s après, M2 (1sens) démarre et M1 s'arrête
- Après 15 s ou activation du capteur C1, M2 s'arrête et M1 démarrent dans le sens 2 ainsi que M3 (1 sens).
- L'activation de C2 provoque l'arrêt seulement de M3
- M1 continue à fonctionner jusqu'au appui sur le bouton d'arrêt S0

**KM11 et KM12 : contacteurs du moteur M1**

**KM2 : contacteur du moteur M2**

**KM3 : contacteur du moteur M3**

**Travail demandé :**

- 1- Etablir le grafcet du point de vue partie commande (grafcet niveau 2)
- 2- Etablir le grafcet du point de vue API
- 3- Réaliser le câblage des entrées/sorties sur API
- 4- Réaliser le programme en Ladder (mode monostable)
- 5- Réaliser le programme en Ladder (mode bistable)
- 6- Réaliser le programme avec S7-GRAPH

