



Université du Québec (UQ)
École de technologie supérieure
Maîtrise en Technologie de Système

**MODÉLISATION ET AUTOMATISATION
DES PROCÉDÉS INDUSTRIELS
SYS-823**

**INTERPRÉTER UN SCHÉMA
D'INSTRUMENTATION**

Rédigé par : France Ladouceur

ÉTÉ 1999

Résumé du chapitre 7 du volume Introduction à l'instrumentation et à la régulation de procédé, de l'auteur Michel Ruel.

TABLE DES MATIÈRES

1.0 Schémas, diagrammes, plans.....	page 3
1.1 Introduction.....	page 3
1.2 Normes I.S.A.....	page 3
1.3 Étiquette.....	page 5
1.4 Emplacement des appareils.....	page 10
1.5 Lignes de liaison.....	page 12

1. Schémas, diagrammes, plans

1.1 Introduction

Pour représenter les fonctions, les équipements, les systèmes pour la mesure et la régulation, il existe plusieurs types de diagrammes, de schémas et plusieurs types de symboles.

En milieu industriel, on retrouve les plans suivants :

- **Schémas de principe** : appelés aussi P&ID (« Piping and Instrument Diagram ») ; un schéma de principe peut être peu détaillé afin d'expliquer par exemple le principe de fonctionnement d'une usine (diagramme d'écoulement) ou être très détaillé pour illustrer toutes les fonctions des appareils ;
- **Schémas de raccordement** : appelés aussi « Instrument Loop Diagram » ; un schéma de raccordement illustre les branchements des appareils entre eux ; habituellement on regroupe sur un même plan les raccordements des divers appareils d'une boucle de régulation, soit les boucles de courant, les raccordements pneumatiques, les raccordements numériques ;
- **Schémas de localisation** : un schéma de localisation est un plan représentant les équipements mécaniques de l'usine sur lequel on trace les bulles des appareils afin de permettre au personnel technique de repérer et localiser l'emplacement des appareils ; pour simplifier la représentation, les bulles sont dessinées mais ne sont pas reliées entre elles ;
- **Schémas représentant les stratégies de commande** : il existe plusieurs types de schémas, les principaux étant : diagrammes en échelle (LADDER), GRAFCET, GEMMA, etc.
- **Autres diagrammes** : plomberie, électricité, architecture, ventilation/chauffage, etc.

1.2 Normes I.S.A.

Les symboles les plus utilisés pour représenter les fonctions, les équipements, les systèmes pour la mesure et la régulation sont ceux définis par I.S.A. (« Instrument Society of America »). Ces symboles sont utilisés partout dans le monde. Ces symboles sont utilisés pour les :

- Dessins ;
- Esquisses ;
- Documents techniques, manuels ;
- Schémas de principe ;
- Schémas de raccordement ;
- Schémas de localisation ;
- Plans d'ingénierie, du procédé, de plomberie, d'instrumentation, de raccordement, des différents systèmes ;
- Diagrammes d'écoulement (permettant de visualiser l'écoulement des produits et de décrire ainsi le fonctionnement d'une usine ou d'une portion de cette usine) ;

- Dessins et plans de construction ;
- Listes de matériel ;
- Descriptions d'équipement.

Le reste du document présente les points essentiels permettant la compréhension et l'interprétation de ces symboles ; le lecteur désireux d'approfondir davantage ce sujet peut se procurer les documents relatifs aux standards S5.1 à S5.5 publiés par I.S.A.

Les standards élaborés par I.S.A. sont :

- **S5.1 : Instruments symbols and identification** ; (ce document décrit la méthodologie générale, équipements conventionnels) ;
- **S5.2 : Binary logic diagrams for process operations** ; (ce document décrit les fonctions logiques, séquences d'entrecroisement et séquentielles) ;
- **S5.3 : Graphic symbols for distributed control shared display instrumentation, logic and computer**; (ce document décrit les fonctions réalisées par un système de commande réparti ou ordonné) ;
- **S5.4 : Instrument loop diagrams** ; (ce document décrit les diagrammes de raccordement et de branchement) ;
- **S5.5 : Graphic symbols for process displays** ; (ce document décrit les équipements de procédé : pompes, convoyeurs, réservoirs, etc.).

Chaque symbole est composé :

- D'une étiquette alphanumérique, de lettres désignant la grandeur en jeu et les fonctions des appareils, de chiffres (parfois suivis d'une lettre suffixe) ;
- D'un symbole graphique ;
- De liens avec les autres symboles.

L'objectif de ces symboles est de mettre en évidence le rôle, la fonction, le but des équipements d'instrumentation et leurs interrelations.

Chaque symbole représente la ou les fonction(s) d'un appareil par rapport à la grandeur en jeu, et non l'appareil lui-même. Ainsi, un enregistreur ayant trois plumes sera illustré par trois symboles puisque chacune des plumes enregistre une grandeur différente. Une vanne permettant de manipuler le débit de vapeur afin de réguler la température sera codifiée comme étant une vanne de température plutôt que de débit.

1.3 Étiquette

L'étiquette de chaque bulle est composée de chiffres et de lettres.

Exemple :

2 – LT 227	signifie transmetteur de niveau ;
2 – LC 227	signifie régulateur de niveau ;
2 – LY 227	signifie convertisseur, dans ce cas I/P ;
2 – LV 227	signifie vanne de régulation de niveau.

Chaque symbole est composé :

- D'une étiquette alphanumérique, ici le chiffre **2** (facultatif) ;
- De lettres désignant la grandeur en jeu, ici **L** et les fonctions des appareils ici **T, V, C, Y** ;
- De chiffres ici **227** (parfois suivis d'une lettre suffixe) correspondant au numéro de la boucle;
- D'un symbole graphique.

Le standard 5.1 de I.S.A. recommande une foule de symboles, mais cette liste n'est pas exhaustive. Il est d'usage courant d'ajouter des notes explicatives à l'occasion pour préciser le sens d'un symbole ou pour spécifier un détail, par exemple la gamme d'un appareil.

Première lettre

La première lettre d'une étiquette identifie la grandeur.

LETTRES DE PREMIÈRE POSITION (1)		
LETTRES	VARIABLE MESURÉE OU DE COMMANDE	MODIFICATION
A	Analytique (3)	
B	Brûleur	
C	Choix de l'utilisateur (4)	
D	Choix de l'utilisateur (4)	
E	Tension électrique	
F	Débit (flow)	Rapport (fraction) (6)
G	Choix de l'utilisateur (4)	
H	Manuelle (hand)	
I	Intensité de courant électrique	
J	Énergie	Scrutation (9)
K	Temps ou chrono	Vitesse de variation (6)
L	Niveau (level)	
M	Choix de l'utilisateur (4)	Momentané (6)
N	Choix de l'utilisateur (4)	
O	Choix de l'utilisateur (4)	
P	Pression ou dépression	
Q	Quantité	Intégration Totalisation (6)
R	Radiation	
S	Vitesse (speed) fréquence	Sécurité (10)
T	Température (temperature)	
U	Multivariable (7)	
V	Vibration, analyse mécanique	
W	Poids (weight) Force	
X	Non classé (5)	Axe des X

Y	État ou présence, événement (14)	Axe des Y
Z	Position, dimension	Axe des Z

Autres lettres

Les autres lettres qui suivent désignent des fonctions.

LETTRES DE POSITIONS SUIVANTES (2)			
LETTRES	FONCTION PASSIVE OU INDICATION	FONCTION DE SORTIE	MODIFICATION
A	Alarme		
B	Choix de l'utilisateur (4)	Choix de l'utilisateur (4)	Choix de l'utilisateur (4)
C		Régulation (control)	
D			
E	Capteur, élément primaire		
F			
G	Verre (glass)		
H			Haut (9)
I	Indicateur		
J			
K		Station de contrôle (13)	
L	Lumière (11)		Bas (9)
M			Intermédiaire, au milieu (9)
N	Choix de l'utilisateur (4)	Choix de l'utilisateur (4)	Choix de l'utilisateur (4)
O	Orifice restriction		
P	Point de test		
Q			
R	Enregistreur (recorder) (12)		
S		Contacteur, relais (switch)	
T		Transmetteur	
U	Multifonctions (8)	Multifonction (8)	Multifonction (8)
V		Vanne, volet, registre (valve)	
W	Puits (wells)		
X	Non classé (5)	Non classé (5)	Non classé (5)
Y		Relais convertisseur (14)	
Z		Élément final non classé, actionneur, commande	

Dans les tableaux précédents les chiffres entre parenthèses font référence aux explications qui suivent.

1. La première lettre désigne la variable mesurée ou la commande ; ainsi un transmetteur de pression est représenté par PT ; notons que la première doit désigner la variable qu'on veut déterminer et non pas la grandeur mesurée ; c'est ainsi que le capteur qui mesure la pression différentielle PD pour en déduire le débit est symbolisé par FE (élément primaire de débit) et non par PDE.

Après la lettre désignant une variable, on peut rencontrer des lettres modificatrices qui changent la signification de la lettre qui précède ; l'ensemble de ces deux lettres est alors

considéré comme une nouvelle variable appartenant à la première position ; PD, par exemple, est une pression différentielle.

2. Les lettres qui suivent la lettre de la première position, modifiée ou non, désignent des fonctions d'affichage ainsi que des fonctions passives ou des fonctions à signal de sortie. Ainsi les séquences suivantes désignent ;

FT : un transmetteur (T) de débit (F) (flow) ;
TT : un transmetteur de température ;
FQT : un transmetteur de débit totalisé ;
FIT : un transmetteur – indicateur de débit ;
FIR : un enregistreur – indicateur de débit ;
TDRC : un régulateur – enregistreur de température différentielle ;
FIC : un régulateur – indicateur de débit ;
FCV : une vanne de régulation de débit.

Notons que la lettre modificatrice C précède la lettre V de la vanne et celle-ci devient donc la vanne de commande ou de régulation.

EN RÉSUMÉ

D'une façon générale, la première lettre est donc toujours la variable concernée et les suivantes représentent :

- Une modification à la première lettre,
- Les fonctions de l'instrument.

3. La lettre A en première position couvre toutes les variables analytiques non spécifié dans les tableaux et non définies par l'utilisateur. Le type de l'analyse doit être mentionné à l'extérieur de la bulle dans le coin en haut à droite.

AT^{pH} : Désigne un transmetteur de pH ;
AI^{turb} : représente un indicateur de turbidité.

4. Les lettres B, C, D, G, M, N, O choisies par l'utilisateur désignent, quelle que soit leur position, un terme non mentionné dans la liste des tableaux. Le terme doit être défini dans une légende clairement présentée avec le schéma.
5. Tout comme les lettres choisies par l'utilisateur, le terme désigné par X doit être indiqué à l'extérieur de la bulle dans l'angle supérieur de droite.
6. Les lettres modificatrices des lettres de première position mentionnée indiquent une variable particulière ; ainsi P signifie une pression tandis que PD signifie une pression différentielle ; T désigne une température et TK signifie la vitesse de la variation de température.
7. La lettre U en première position est utilisée lorsque le nombre de variables concernées est important, ou lorsque des variables peuvent être modifiées à volonté. C'est le cas de l'enregistrement de plusieurs signaux de 4 à 20 mA. Il faut alors identifier les variables choisies.

8. La lettre U est utilisée pour désigner des instruments à multifonctions ; elle peut indiquer un indicateur, un enregistreur et un contacteur d'alarme, etc. Il faut définir ces fonctions multiples à l'extérieur de la bulle.
9. De telles désignations modificatrices : scruté, haut, bas, intermédiaire, sont optionnelles.
10. Le terme « sécurité » S au sens de la protection des capteurs et des éléments finals est utilisé si c'est le seul rôle des dispositifs concernés. C'est le cas des vannes PSV qui désignent une vanne de sécurité pour le personnel ou pour les équipements qui s'ouvrent à une pression préétablie.
11. L est une lumière témoin qui indique un événement, comme la fin d'une période de temps : c'est KQL.
12. L'enregistrement R comprend toute forme de stockage permanent d'information réutilisable par n'importe quels moyens.
13. La lettre K en position suivante (ou successive) désigne une station locale qui permet l'intervention manuelle ou toute station – opérateur qui fait partie des systèmes distribués.
14. La lettre Y en première position est utilisée surtout dans la commande séquentielle lorsque la commande est effectuée d'après un événement ou un état et non pas d'après un temps chronométré. Ainsi, YR est un enregistreur d'états ou d'événements, et YIC est un automate à indicateur qui assure les commandes d'après un état préétabli.

La lettre Y (en position suivante) désigne un dispositif dont la fonction est un calcul mathématique, une conversion ou toute autre fonction des relais ou des régulateurs ; dans ces cas, il faut préciser cette fonction dans un petit carré à l'extérieur de la bulle.

Les principales abréviations des fonctions de calcul et de conversion sont :

SYMBOLE	DESCRIPTION
Σ	Sommation algébrique
Σ /n	Valeur algébrique moyenne (n = nombre de variables)
Δ	La sortie égale la différence algébrique de deux entrées
1-0	ON-OFF ; ouvert-fermé, etc.
K	Directement proportionnel ; dans le cas des « boosters » K est remplacé par 1:1, 2:1, etc.
\int	Intégration (amplitude et durée)
d/dt	Dérivée
\times	Multiplication
\div	Division
$\sqrt[n]{\quad}$	Racine (1)
X^n	Exposant
$f(\chi)$	Terme général, la sortie est une fonction non identifiée en relation linéaire ou non avec l'entrée
$f(t)$	Terme général, la sortie est une fonction quelconque reliée à l'entrée par le temps

>	Sélection de la plus grande valeur
<	Sélection de la plus basse valeur
▷	Limiteur supérieur
◁	Limiteur inférieur
-K	Inversement proportionnel ; on peut le remplacer par : Rev ou ↓
∇	Limiteur de vitesse à une valeur donnée (rampe par exemple)
+ - ±	La sortie est égale à l'entrée augmentée, diminuée (ou les deux) d'une certaine valeur
E / S	Conversion de l'entrée E en une sortie S de forme différente (2)
H, L	Valeurs limites préétablies (high, low)

Notes concernant le tableau

1. « n » est la valeur de racine. Le symbole simple $\sqrt{\quad}$ signifie racine carrée.
2. Les E et S (entrées et sorties) peuvent être :

E : tension électrique
 O : électromagnétique ou acoustique
 P : pneumatique
 D, N : digital, numérique
 B : binaire
 I : intensité de courant
 R : résistance électrique
 H : hydraulique
 A : analogique

1.4 Emplacement des appareils

Tant sur un schéma de raccordement que sur un schéma de principe, les bulles de fonction représentant les appareils sont codés différemment selon l'emplacement de l'appareil réalisant ces fonctions :

- Appareil dans l'usine,
- Appareil dans un panneau de commande,
- Appareil sur un panneau de commande secondaire généralement dans l'usine,
- Appareil dans la salle de commande.

Le type de bulle utilisé renseigne donc quant à l'emplacement de l'appareil contenant la fonction décrite par la bulle.

Si une fonction correspond à une séquence programmée (par exemple dans un automate programmable) ou câblée, la bulle est remplacée par un losange. Ce losange porte alors le numéro de la boucle dans laquelle la séquence intervient, et un renvoi sur le plan indique où se trouve la description de cette séquence.

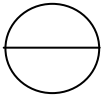
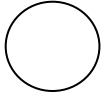
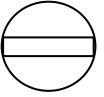
Si la fonction est réalisée par des appareils autonomes mais que l'information est représentée sur un écran, les bulles ou les losanges sont entourés d'un carré. Ce carré signifie que l'affichage (écran) est partagé entre plusieurs fonctions et que les informations ne peuvent pas toutes être disponibles à la fois.

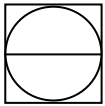
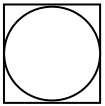
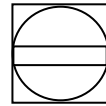
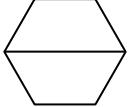
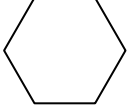
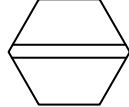
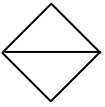
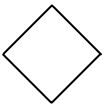
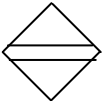
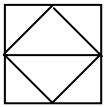
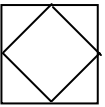
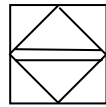
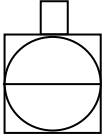
Un tel ensemble porte le nom de *Système de régulation réparti* ("D.C.S." ou "Distributed control system"). Un système de régulation réparti permet à un opérateur de communiquer avec des centaines d'appareils via un écran, un clavier, un clavier, une souris, un écran tactile, etc. Le comportement du procédé est affiché sur l'écran sous forme de graphiques, de tendances ("trends", c'est-à-dire, l'équivalent de ce que représenterait une plume d'enregistreur graphique sur une charte de papier), de valeurs numériques, etc.

Pour simplifier les schémas, il arrive que les fonctions de conversion ou de calcul ne soient pas représentées par bulle, mais par un carreau de faible dimension située entre le signal et la fonction.

Enfin, si la fonction est réalisée par un système ordonné dédié, la bulle est remplacée par un hexagone.


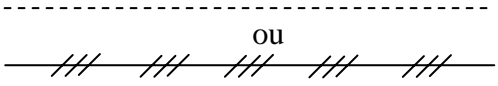




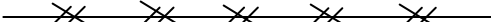
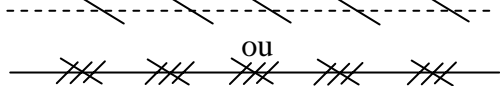



Le tableau suivant illustre les divers cas possibles.

Fonctions réalisées par des appareils.	Installation au tableau principal	Installation locale	Installation au tableau local
			

<p>Fonctions réalisées par un système de commande réparti ; informations partagées.</p>	<p>Information accessible</p> 	<p>Information non accessible</p> 	<p>Appareillage de relève (back-up)</p> 
<p>Fonctions réalisées par un système de commande réparti ; informations partagées.</p>	<p>Information accessible</p> 	<p>Information non accessible</p> 	<p>Appareillage de relève (back-up)</p> 
<p>Entrebarrage, fonctions logiques ou séquentielles réalisées par des appareils.</p>	<p>Installation au tableau principal</p> 	<p>Installation locale</p> 	<p>Installation au bureau local</p> 
<p>Entrebarrage, fonctions logiques ou séquentielles réalisées par un système ordonné ou un système de commande réparti ; informations partagées.</p>			
<p>Fonction de conversion ou de calcul.</p>			

1.5 Lignes de liaison

Les lignes reliant les symboles et les équipements entre eux sont dessinées selon le type de signal ou en trait plein pour les lignes de connexions et les liaisons mécaniques.

Conduites d'alimentation, raccordements au procédé	
Signal électrique	
Signal pneumatique	
Conduit capillaire	
Signal hydraulique	
Liaisons informatisées	
Signal pneumatique binaire	
Signal électrique binaire	
Signal non défini	
Conduites des fluides	
Liaison mécanique	

Généralement, les alimentations ne sont illustrées que sur les diagrammes de raccordement ; les abréviations suivantes sont alors utilisées :

- AS air,
- ES électrique,
- GS gaz,
- HS hydraulique,
- NS azote,

- SS vapeur ("steam"),
- WS eau ("water"),

("S" signifie alimentation, "supply").