

1) Introduction

1. Généralités	2
1.1. Définitions	2
1.2. Régulation ou Asservissement	2
1.3. Les servomécanismes	2
1.4. Principe de fonctionnement	2
1.5. Fonctionnement en boucle ouverte (Manuel)	3
1.6. Fonctionnement en boucle fermée (Automatique)	3
2. Schéma TI	3
2.1. Principe	3
2.2. Exemple	4
2.3. Signification des lettres	4
2.4. Les symboles	5
2.5. Les schémas TI de base	6
2.6. L'instrumentation de base	6
3. Schéma fonctionnel	7
3.1. Présentation	7
3.2. Représentation fonctionnelle d'une boucle de régulation	7
4. Raccordements électriques	8
4.1. Le transmetteur	8
4.2. Schéma de principe d'une boucle de courant	8
4.3. Générateur ou récepteur ?	8
4.3.1. Mise en oeuvre pratique	8
4.4. Schéma de câblage d'une boucle de régulation de débit	9
5. Astuce de calcul	9

1. Généralités

1.1. Définitions

- La régulation regroupe l'ensemble des techniques utilisées visant à contrôler une grandeur physique. Exemples de grandeur physique : Pression, température, débit, niveau etc...
- La grandeur réglée, c'est la grandeur physique que l'on désire contrôler. Elle donne son nom à la régulation. Exemple : une régulation de température.
- La consigne : C'est la valeur que doit prendre la grandeur réglée.
- La grandeur réglante est la grandeur physique qui a été choisie pour contrôler la grandeur réglée. Elle n'est généralement pas de même nature que la grandeur réglée.
- Les grandeurs perturbatrices sont les grandeurs physiques qui influencent la grandeur réglée. Elles sont généralement pas de même nature que la grandeur réglée.
- L'organe de réglage est l'élément qui agit sur la grandeur réglante.

1.2. Régulation ou Asservissement

- Dans une régulation, on s'attachera à maintenir constante la grandeur réglée d'un système soumis à des perturbations.
- Dans un asservissement, la grandeur réglée devra suivre rapidement les variations de la consigne.

1.3. Les servomécanismes

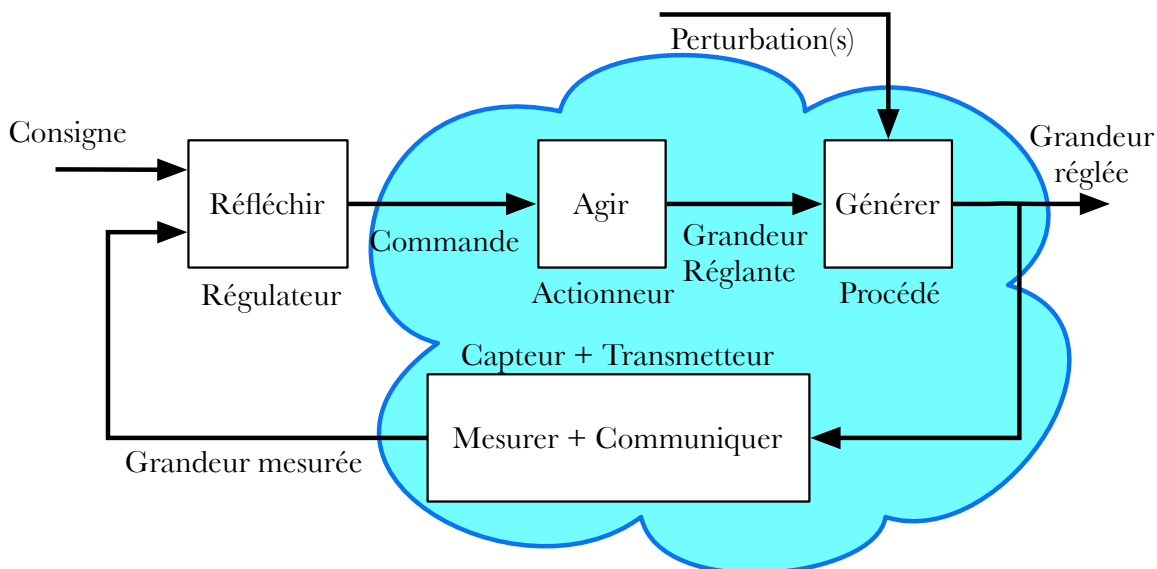
On appelle servomécanisme, un système asservi dont le rôle consiste à amplifier la puissance et dont la grandeur réglée est une grandeur mécanique tel qu'un effort, un couple, la position ou l'une de ses dérivées par rapport au temps, comme la vitesse et l'accélération.

1.4. Principe de fonctionnement

Pour réguler un système physique, il faut :

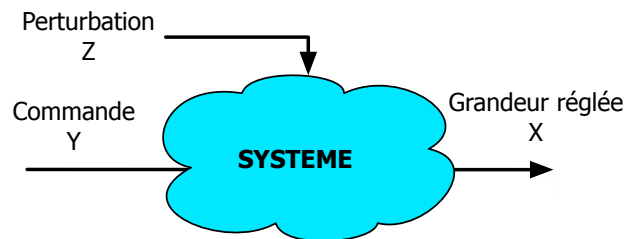
- Mesurer la grandeur réglée avec un capteur.
- Réfléchir sur l'attitude à suivre : c'est la fonction du régulateur. Le régulateur compare la grandeur réglée avec la consigne et élabore le signal de commande.
- Agir sur la grandeur réglante par l'intermédiaire d'un organe de réglage.

On peut représenter une régulation de la manière suivante :



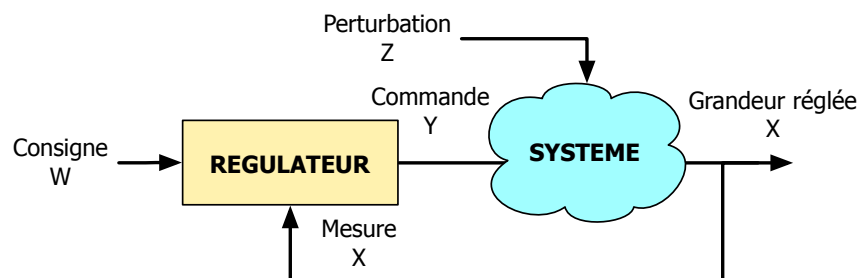
1.5. Fonctionnement en boucle ouverte (Manuel)

On parle de fonctionnement en boucle ouverte quand c'est l'opérateur qui contrôle l'organe de réglage. Ce n'est pas une régulation.



1.6. Fonctionnement en boucle fermée (Automatique)

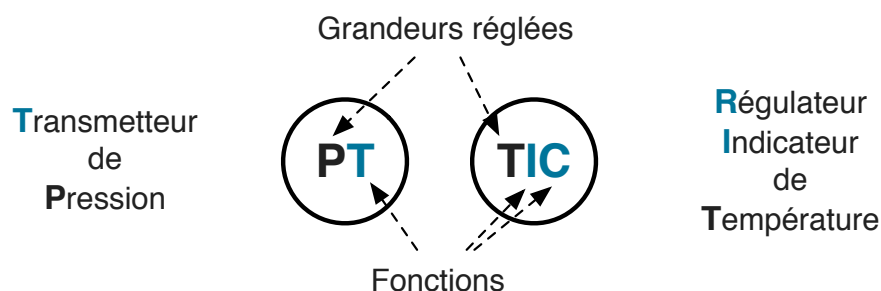
C'est le fonctionnement normal d'une régulation. Le régulateur compare la mesure de la grandeur réglée et la consigne et agit en conséquence pour s'en rapprocher.



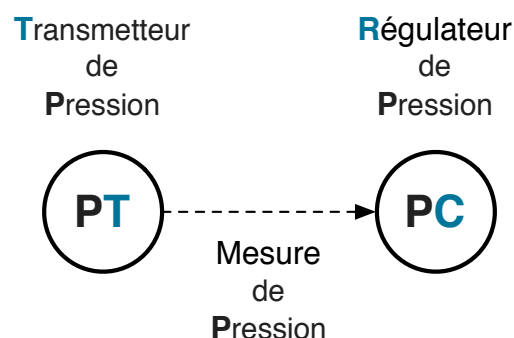
2. Schéma TI

2.1. Principe

La norme NF E 04-203 définit la représentation symbolique des régulations, mesures et automatismes des processus industriels. Les instruments utilisés sont représentés par des cercles entourant des lettres définissant la grandeur physique réglée et leur(s) fonction(s). La première lettre définit la grandeur physique réglée, les suivantes la fonction des instruments.

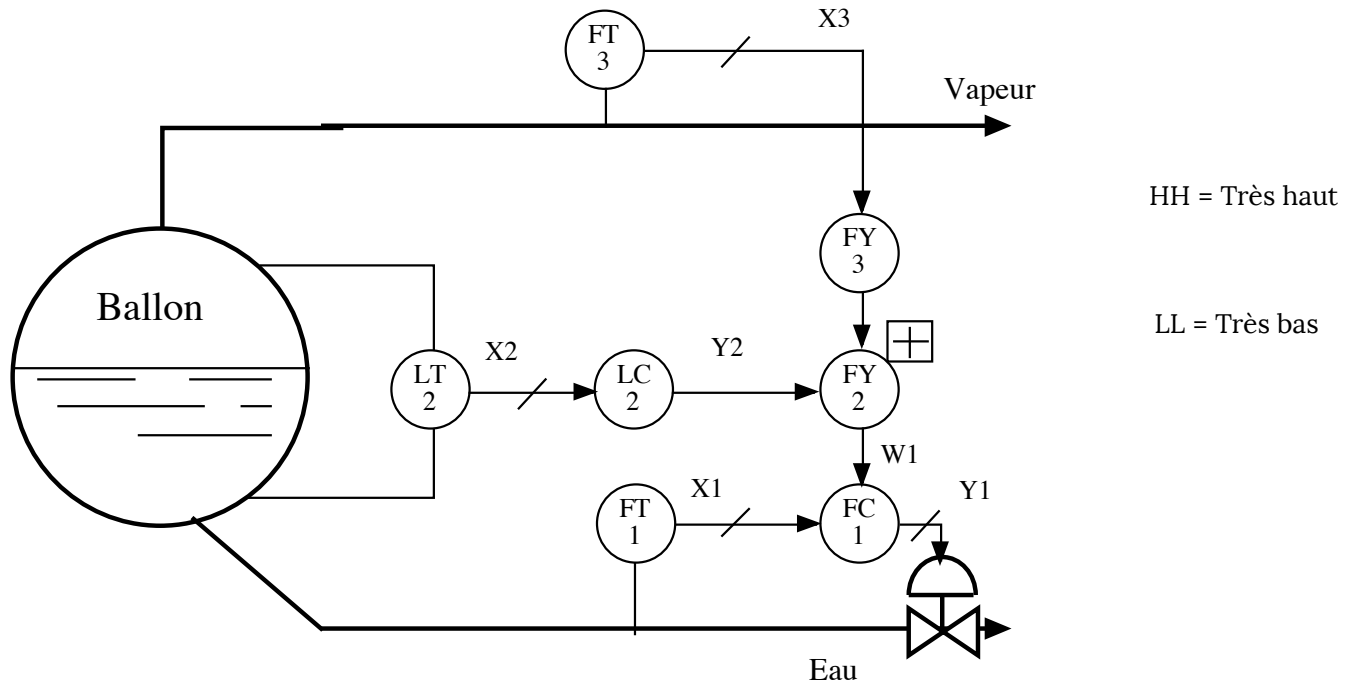


Le parcours de l'information est matérialisé par une flèche dont l'allure dépend du support de l'information.



2.2. Exemple

Schéma TI d'une régulation de niveau dans le ballon avec correction de tendance :



2.3. Signification des lettres

	Grandeur physique	Affichage	Fonction	Complément
A	Analyse	Alarme		
B	Combustion (Flamme)			
C	Conductivité (ou autre)		Régulateur	
D	Masse Volumique (ou autre)			Différence
E	Tension	Élément primaire		
F	Débit			Proportion
G	(libre)	à glace		
H	Commande manuelle			Haut
I	Courant électrique	Indicateur		
J	Puissance			
K	Temps			
L	Niveau	Voyant lumineux		Bas
M	Humidité (ou autre)			
N	Viscosité (ou autre)			
O	(libre)			
P	Pression			
Q	Quantité	Totaliseur		
R	Rayonnement	Enregistreur		
S	Vitesse		Commutateur	
T	Température		Transmetteur	
U	Variables multiples			
V	Vibrations		Vannes	
W	Masse ou Force	Puits thermométrique		
X	(libre)			
Y	Événement		Relai de calcul	
Z	Position			

2.4. Les symboles

N°	Dénomination	Symbole
1.4.1	Point de mesure	
1.4.2	Instrument	
1.4.4	Instrument de tableau	
1.4.5	Organe de réglage	
1.4.5.1	Actionneur manuel	
1.4.7	Dispositif réglant (Symbole général)	
1.6.1.2	Croisements sans raccordement	
	Croisements avec raccordement	

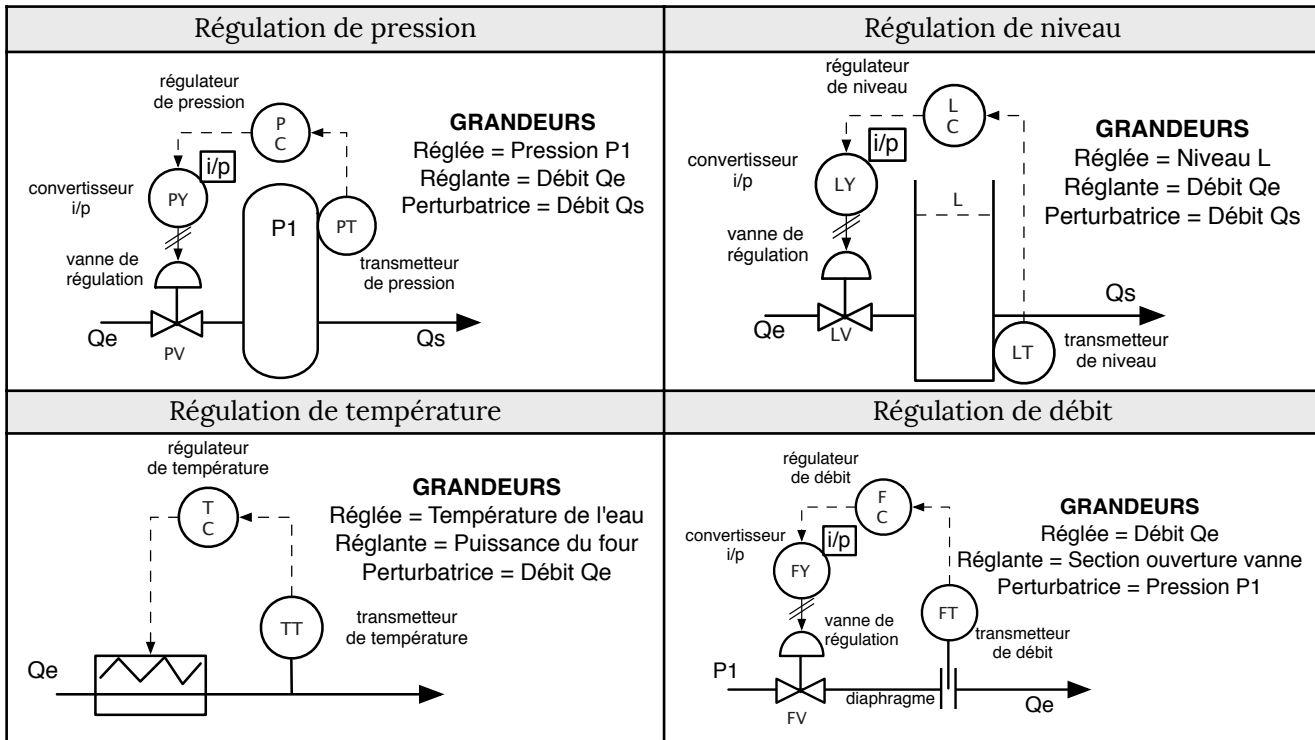
1.6.1.2	Sens de l'écoulement	
1.6.1.3	Sens de l'information	
2.3.1	Signal électrique	
	ou	
2.3.2	Signal pneumatique	
2.3.8	Interliaison logicielle ou bus	
2.5.1.1	Élément primaire de mesure de débit	
2.5.1.2	Diaphragme	
2.7.3.2.2	Régulateur autonome (régulation aval) avec prise interne. (Détendeur)	
2.10.3.3	Actionneur pneumatique à membrane avec positionneur	
3.4.2	Calculateur de processus (Système de contrôle-commande)	

3.4.3	Calculateur de supervision (superviseur)	
3.4.4	Automate	
3.5.2	Convertisseur de signal: a vers b A : analogique B : binaire D : numérique E : tension H : hydraulique I : courant O : électromagnétique ou sonique P : Pneumatique R : Résistance	 Exemple : convertisseur courant vers tension sur une boucle de température :
3.5.3.1	opérateur d'addition	
3.5.3.2	opérateur de différence	
3.5.3.4	opérateur de gain	
3.5.3.7	opérateur de multiplication	
3.5.3.8	opérateur de division	
3.5.3.9	opérateur d'extraction de racine carrée	

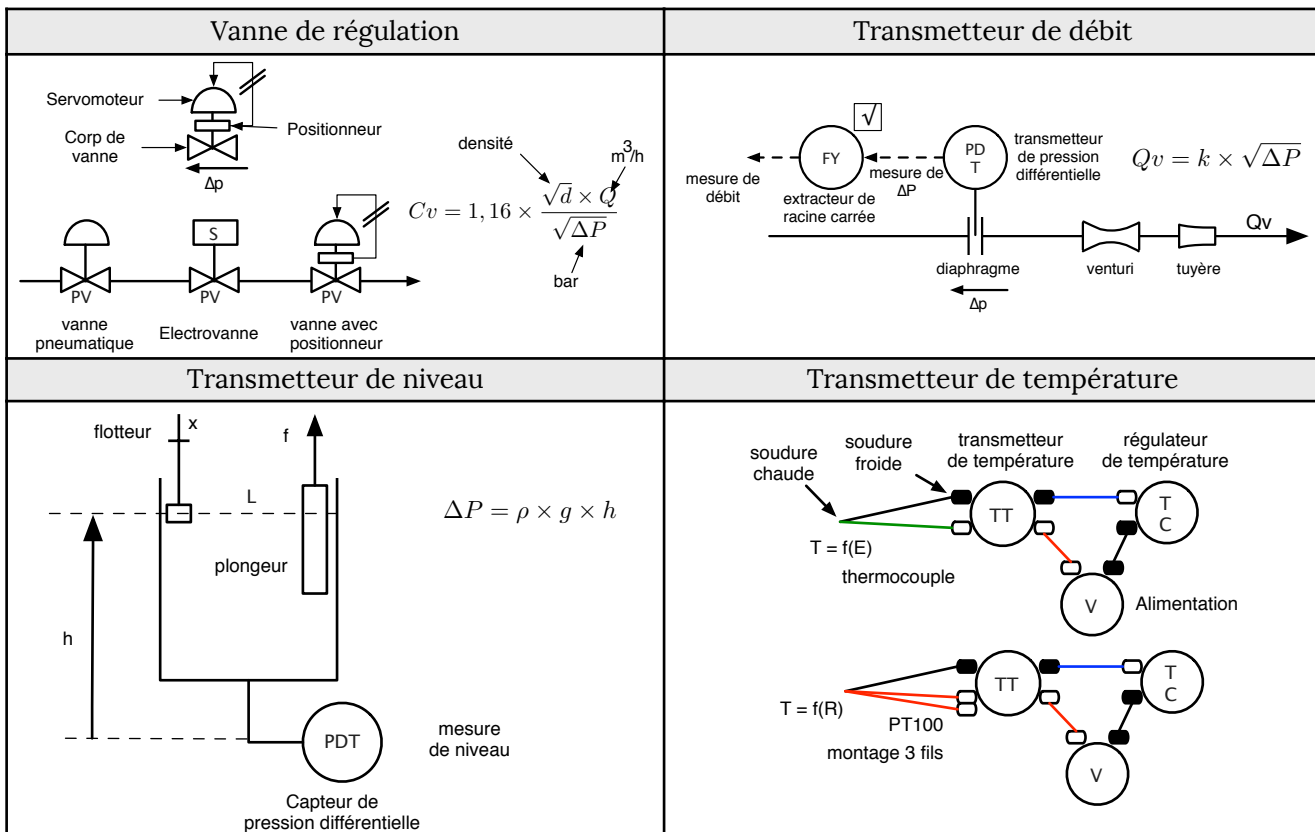
	Pompe	
	Pompe volumétrique	
	Electrovanne	

D'autres symboles peuvent être utilisés en fonction des besoins mais dans ce cas leur signification est explicitée.

2.5. Les schémas TI de base



2.6. L'instrumentation de base

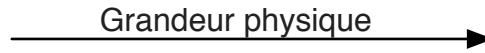


3. Schéma fonctionnel

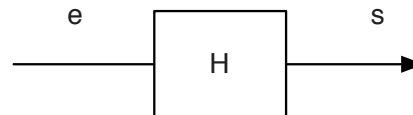
3.1. Présentation

Le schéma fonctionnel tente de représenter les relations entre les différentes grandeurs physiques des boucles de régulation. Il sera composé uniquement des éléments suivants :

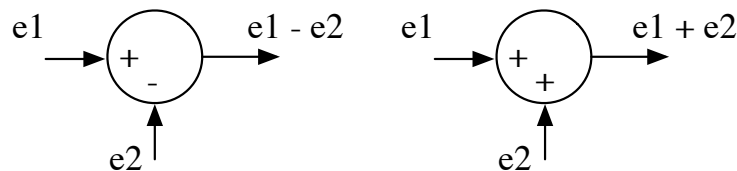
- Des lignes de parcours d'une grandeur physique. Ces ligne représente le parcours d'une grandeur physique de la boucle de régulation :



- Des blocs qui représentent un ou plusieurs éléments de la chaîne de régulation qui assure la relation entre deux grandeurs physiques, relation caractérisée par la fonction de transfert. La fonction de transfert permet pour tous types de signaux d'avoir la relation suivante : $s = H \times e$

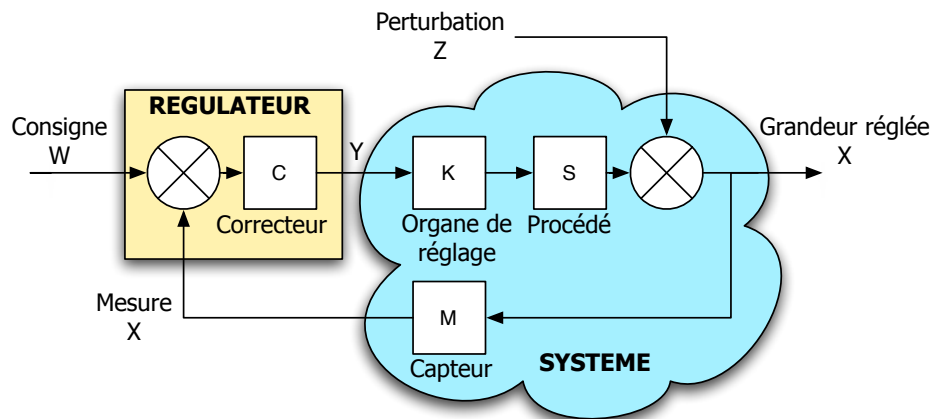


- Les sommateurs ou comparateurs, qui permettent l'addition ou la soustraction de grandeurs physiques :



3.2. Représentation fonctionnelle d'une boucle de régulation

D'une manière générale, une boucle de régulation peut être représentée de la manière suivante :



À partir d'un schéma TI, on peut construire le schéma fonctionnel correspondant.

Exemple, une régulation de pression :

Schéma TI	Schéma fonctionnel

4. Raccordements électriques

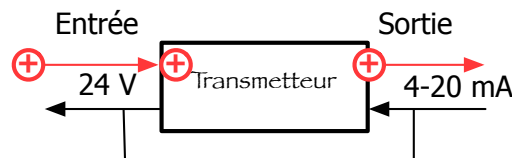
4.1. Le transmetteur

On peut séparer trois types de transmetteur :

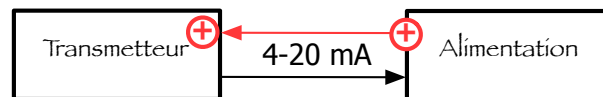
- Les transmetteurs 4 fils (actifs) qui disposent d'une alimentation et qui fournissent le courant I. Leur schéma de câblage est identique à celui des régulateurs.



- Les transmetteurs 3 fils (actifs) sont des transmetteur 4 fils, avec les entrées moins reliées.



- Les transmetteurs 2 fils (passif) qui ne disposent pas d'une alimentation et qui contrôlent le courant I fournie par une alimentation externe.



4.2. Schéma de principe d'une boucle de courant

Une boucle 4-20 mA est composée :

- D'un générateur, qui fournit le courant électrique ;
- D'un ou plusieurs récepteurs, qui mesurent le courant électrique qui les traverse.

Remarque :

- Le courant sort par la borne + du générateur ;
- Le courant entre par la borne + des récepteurs.

4.3. Générateur ou récepteur ?

Récepteur	Générateur
Transmetteur 2 fils	Transmetteur 4 fils
Mesure du régulateur	Transmetteur 3 fils
Organe de réglage	Alimentation
Enregistreur	Commande régulateur

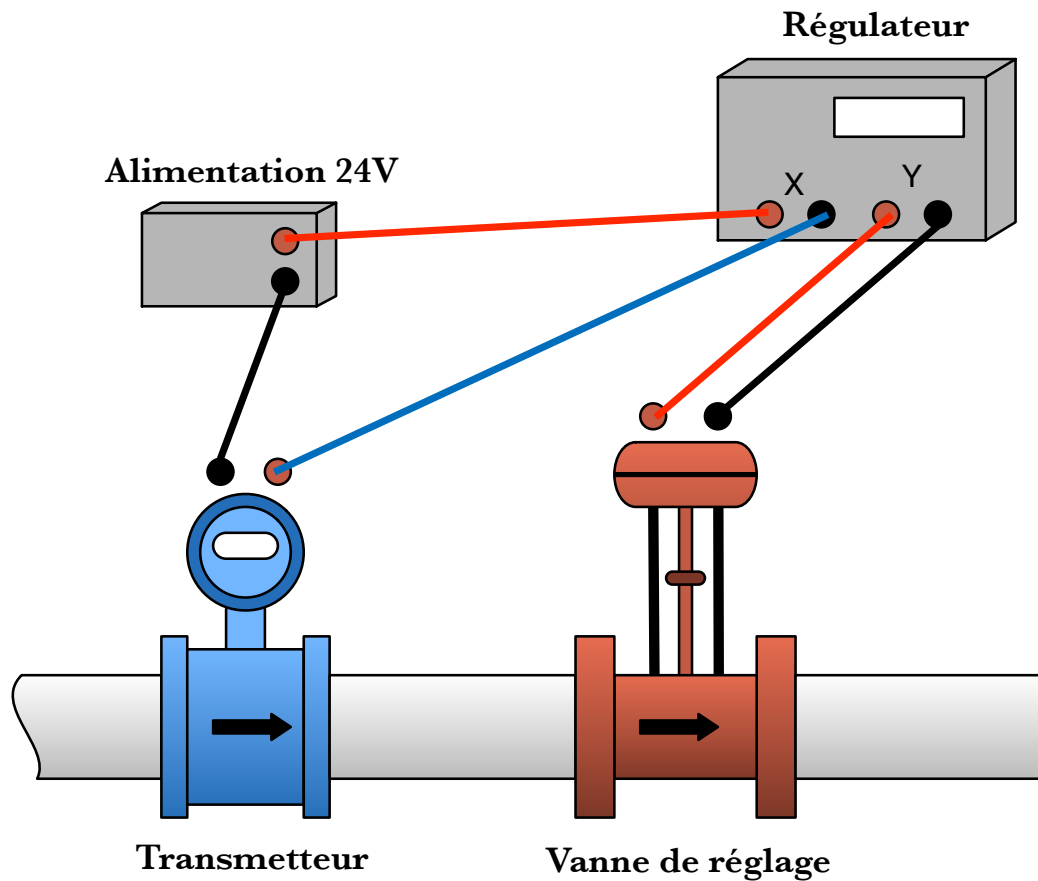
4.3.1. Mise en oeuvre pratique

Chercher le nombre de boucle de courant. Il y a deux fois plus de boucles de courant que de boucles de régulation.

- Pour chaque boucle, faire la liste de l'instrumentation mise en oeuvre.
- Dans chaque liste, déterminer l'unique élément générateur.
- Relier le (+) du générateur au (+) d'un récepteur avec un fil **rouge**.
- Relier le (-) du générateur au (-) d'un récepteur avec un fil **noir**.
- Si possible, relier les (+) disponibles des récepteurs, aux (-) disponibles d'autres récepteurs avec un fil **bleu**.

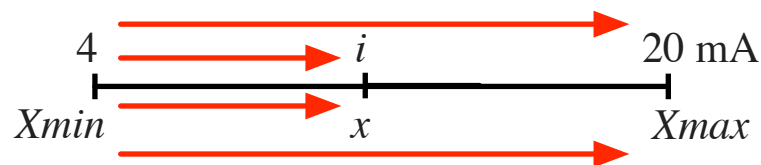
Remarque : Dans chaque boucle de courant, il y a autant de fils de liaison que d'éléments.

4.4. Schéma de câblage d'une boucle de régulation de débit



5. Astuce de calcul

Dans une boucle de courant, le courant est l'image d'une grandeur physique. Grandeur physique qui peut être une mesure ou une commande. On pourra représenter cette relation linéaire à l'aide du graphique suivant :



Ce graphique nous permet alors d'écrire la relation suivante :

$$\frac{i - 4}{x - X_{min}} = \frac{20 - 4}{X_{max} - X_{min}}$$