

Chapitre 18

Machine à crayons : Régulation

1.	INTRODUCTION A LA REGULATION.....	2
1.1.	Définitions.....	2
1.2.	Chaîne de régulation.....	2
1.3.	Régulation	4
1.4.	Analyse des activités dans une régulation.....	12
1.5.	Analyse des activités dans un Asservissement.....	13
2.	REGULATION ET ASSERVISSEMENTS	14
2.1.	Régime Transitoire - Régime Permanent	14
2.2.	Stabilité	14
2.3.	Rapidité - Temps de réponse	15
2.4.	Détermination du Gain Statique.....	16
3.	PRINCIPE DE L'ACQUISITION D'INFORMATION / TRANSMETTEURS	18
3.1.	Les capteurs.....	18
3.2.	Transmission d'une information analogique	20
4.	LE REGULATEUR	24
5.	LE THERMOCOUPLE.....	26
5.1.	Principe du thermocouple.....	26
5.2.	Nature des conducteurs et extrait de normes.....	26
5.3.	Comment sélectionner le type de sonde ?	27
5.4.	Exemple de thermocouple type J	30
5.5.	Résistances détectrices de température (RTD).....	30
5.6.	Thermistances	31
5.7.	Familles de thermocouples.....	32
6.	APPLICATION : BAIN REGULE EN TEMPERATURE.....	33
6.1.	Schéma du système	35
6.2.	Circuit de mesure de température.....	35
6.3.	Contrôle de la puissance de chauffage.	36
6.4.	Schéma de puissance.....	37
6.5.	Schémas de commande	38
6.6.	Système de régulation de température.....	41
7.	CHOISIR UNE COMMANDE A THYRISTORS	42
7.1.	Les différents modes de fonctionnement.....	45
7.2.	Documents « Chauvin Arnoux »	46
8.	CHOISIR UN REGULATEUR	49
8.1.	Analogique ou numérique ?	49
8.2.	Documents « Chauvin Arnoux »	50
	Travail personnel 	53

1. INTRODUCTION A LA REGULATION

1.1. Définitions

Le procédé de régulation a pour rôle d'amener une grandeur physique à prendre une valeur fixée à l'avance et de l'y maintenir. Celle-ci s'appelle grandeur réglée ou mesurée; elle peut être de nature très variable comme par exemple :

- une grandeur physique : tension, courant, puissance...
- une grandeur hydraulique ou mécanique : pression, débit, niveau, vitesse...
- une grandeur thermique : température, quantité de chaleur...
- toute autre grandeur physique

La valeur fixée à l'avance, à laquelle la régulation doit amener la grandeur réglée, s'appelle consigne de régulation.

1.2. Chaîne de régulation

• Système en boucle ouverte

En imposant une consigne en entrée, l'organe de commande impose au système une modification de sa sortie. Mais dans une régulation, ce qui est recherché c'est que la grandeur réglée atteigne une valeur proche de la consigne et se stabilise autour de celle-ci. Or sur la figure ci-dessous, il n'y a aucune information de l'état de la sortie par rapport à l'état de l'entrée. En conséquence, l'organe de commande pilote le système à partir de la consigne sans savoir dans quel état se trouve la sortie (soumise à des perturbations de tout ordre). On ne peut avoir de régulation. On dit que le système travaille en boucle ouverte.



• Système en boucle fermée

Pour avoir régulation, il faut mesurer en permanence la grandeur réglée et la comparer à la consigne de régulation. Dès que l'on détecte un écart entre elles, on produit sur le système une modification appropriée qui doit ramener la grandeur réglée en accord avec la consigne de régulation.

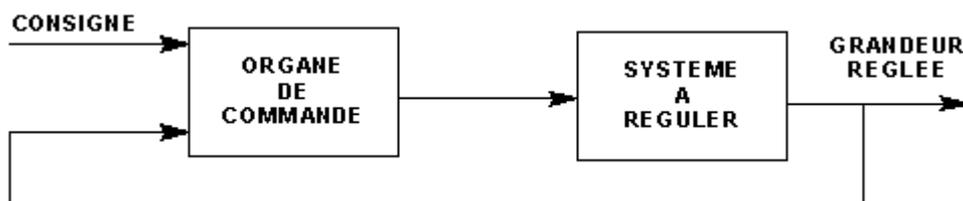
La grandeur subissant cette modification s'appelle grandeur réglante. Ce peut être une grandeur physique quelconque, par exemple la position d'ouverture d'une vanne, l'angle de conduction d'un thyristor d'une unité de puissance, le rapport cyclique d'enclenchement d'un contacteur. Il faut néanmoins choisir, comme grandeur réglante dans un système, une grandeur telle que sa variation agisse directement sur la grandeur réglée.

La modification sur la grandeur réglante peut se faire :

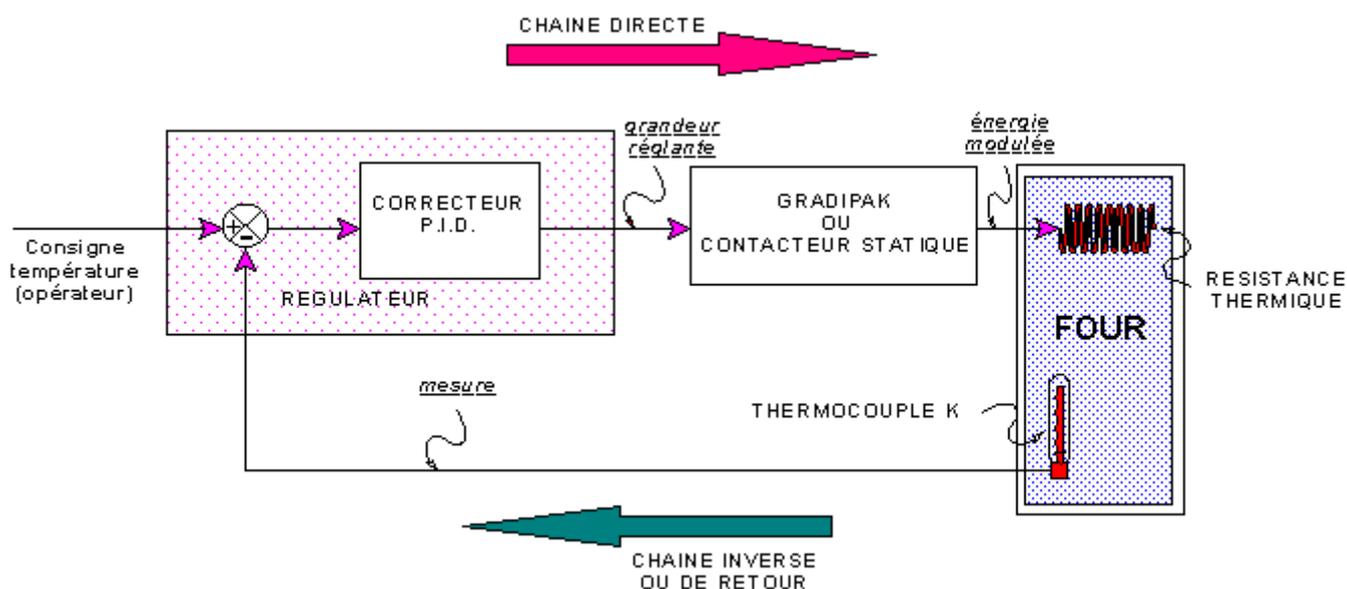
*manuellement par un opérateur observant en permanence la grandeur réglée et modifiant en conséquence la grandeur réglante

*automatiquement au moyen d'appareils appelés régulateurs et dans lesquels sont implantés une loi de commande (algorithme).

En mode automatique, l'intervention humaine se limite à l'affichage de la consigne. On peut donc compléter le diagramme précédent comme suit :



L'organe de commande va donc calculer la loi de commande en fonction de la consigne et de l'état de la sortie, ce qui permettra d'agir sur le système qui travaille alors en **boucle fermée**.



• Représentation symbolique d'une régulation

Les différents éléments de ce schéma constituent le principe d'une régulation quelle qu'elle soit. Remarque : On trouve aussi le terme d'asservissement qu'il faut bien distinguer de la régulation même si le principe de fonctionnement reste le même.

REGULATION : maintenir la grandeur réglée à une valeur égale à celle de la consigne malgré les perturbations indésirables (ex : régulation de température d'un four). On peut dire que la consigne est constante (ou variant par paliers de réglage), le signal de sortie cherchant à rester stable quelles que soient les perturbations.

ASSERVISSEMENT : asservir la grandeur réglée aux variations voulues de la consigne et ce en considérant que les perturbations extérieures ne varient pas (ex : asservissement de position d'une table traçante). On peut donc dire que la consigne varie constamment, le signal de sortie cherchant à suivre le plus fidèlement possible les fluctuations du signal d'entrée.

1.3. Régulation

Le régulateur, inséré dans une chaîne de commande, impose en contrainte d'exploitation au sous-système de modulation d'énergie une grandeur réglante selon une loi de commande couramment appelée algorithme.

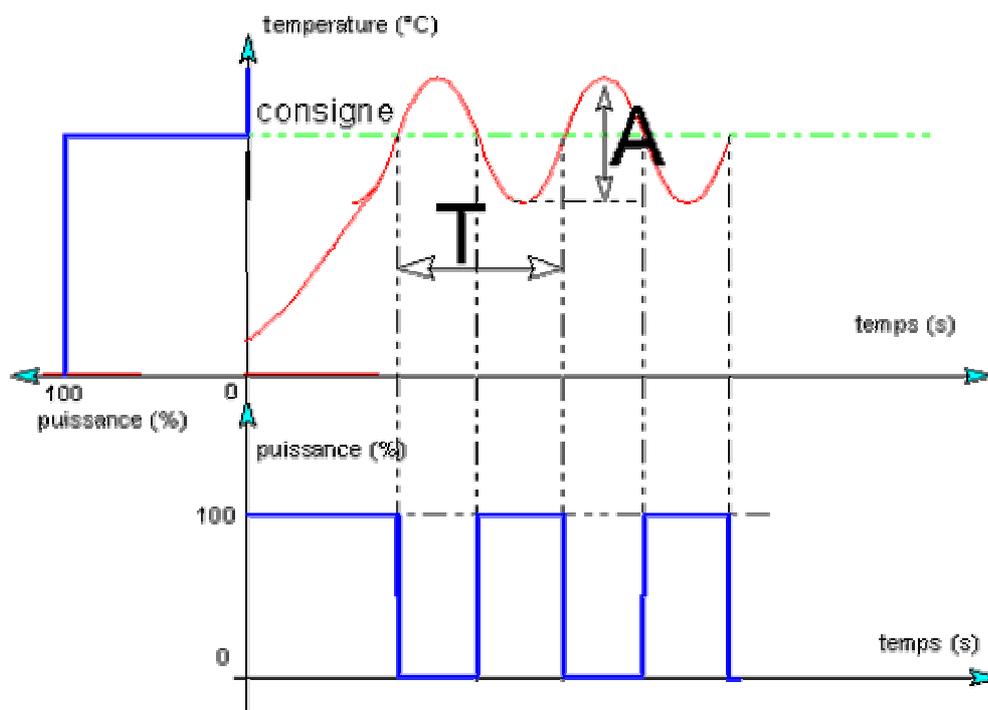
La plupart des régulateurs comportent un algorithme identique, désigné par "PID" (modules d'action : P : action proportionnelle ; I : action intégrale ; D : action dérivée).

- **Gain statique**

On définit le gain statique d'un système asservi comme étant le rapport de l'accroissement DX de la mesure à l'accroissement DY de la grandeur réglante : $G_s = DX/DY$

La valeur de la grandeur réglante Y est exprimée en %, déterminant ainsi le pourcentage de la puissance électrique totale appliquée au système.

- **Régulateur tout ou rien (T.O.R)**



Après avoir affiché le signal d'entrée E une valeur de consigne, le comparateur mesure l'écart e qu'il y a entre cette valeur et la valeur de sortie S ($e = E - S$).

* si $E > S$ alors le correcteur va imposer une grandeur réglante R au système. La grandeur réglée S va donc être modifiée. Par l'intermédiaire du capteur, le comparateur va alors effectuer une nouvelle mesure; si E reste supérieure à S on ne modifie rien. Seule la sortie continue d'évoluer.

* si $E < S$ alors le correcteur va imposer une nouvelle grandeur réglante R au système. La grandeur réglée S va donc être modifiée. Par l'intermédiaire du capteur, le comparateur va alors effectuer une nouvelle mesure et ainsi de suite.

Dans ce type de régulation, c'est la loi de commande qui impose "Tout ou Rien". La grandeur réglante R ne pourra alors prendre que deux valeurs :

* si $E > S$ $L R = 1$ (Tout = 100 %)

* si $E < S$ $L R = 0$ (Rien = 0 %)

Par conséquent, la grandeur réglée S présentera, autour du point de consigne E , des oscillations fonction de l'inertie du système.

Remarques:

* sur les oscillations du système, on déterminera une période T (inertie du système). On peut également identifier un temps τ correspondant à $E > S$ ainsi qu'un temps T_{off} correspondant à $E < S$. Le rapport de T_{on} sur T_{off} définit le rapport cyclique a .

* si l'inertie du système est faible, l'oscillation sera de fréquence élevée (période T faible). On aura donc un phénomène de pompage (mise successivement à 1 et à 0 de manière très rapide) d'où sollicitation importante du matériel et usure prématurée.

* A l'inverse, si l'inertie du système est trop grande, la fréquence d'oscillation sera plus faible (période T grande), ce qui supprime le phénomène de pompage mais entraîne une mauvaise précision due à l'écart entre la consigne et la valeur maximum de la mesure.

Il apparaît donc un dilemme entre la stabilité et la précision. La régulation T.O.R offre l'avantage d'être simple et permet d'utiliser des régulateurs de coût relativement faible (thermostat, régulateur électronique).

Dans le cas de la régulation TOR, le régulateur commande le système en instantané (TOUT ou RIEN) c'est à dire :

$Y = 100\%$ si $X < W$

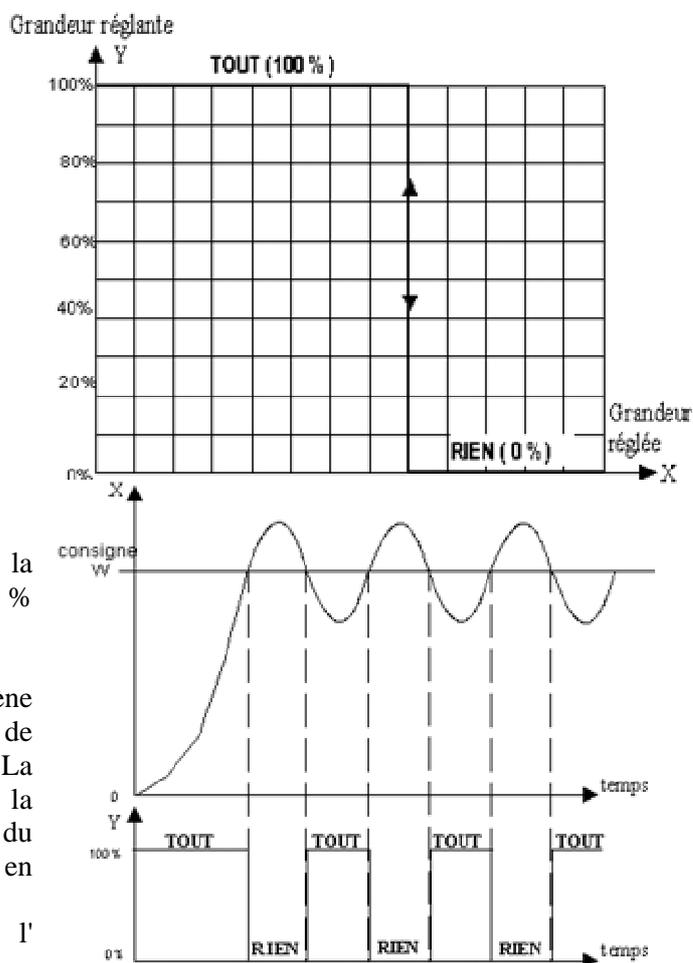
$Y = 0\%$ si $X > W$

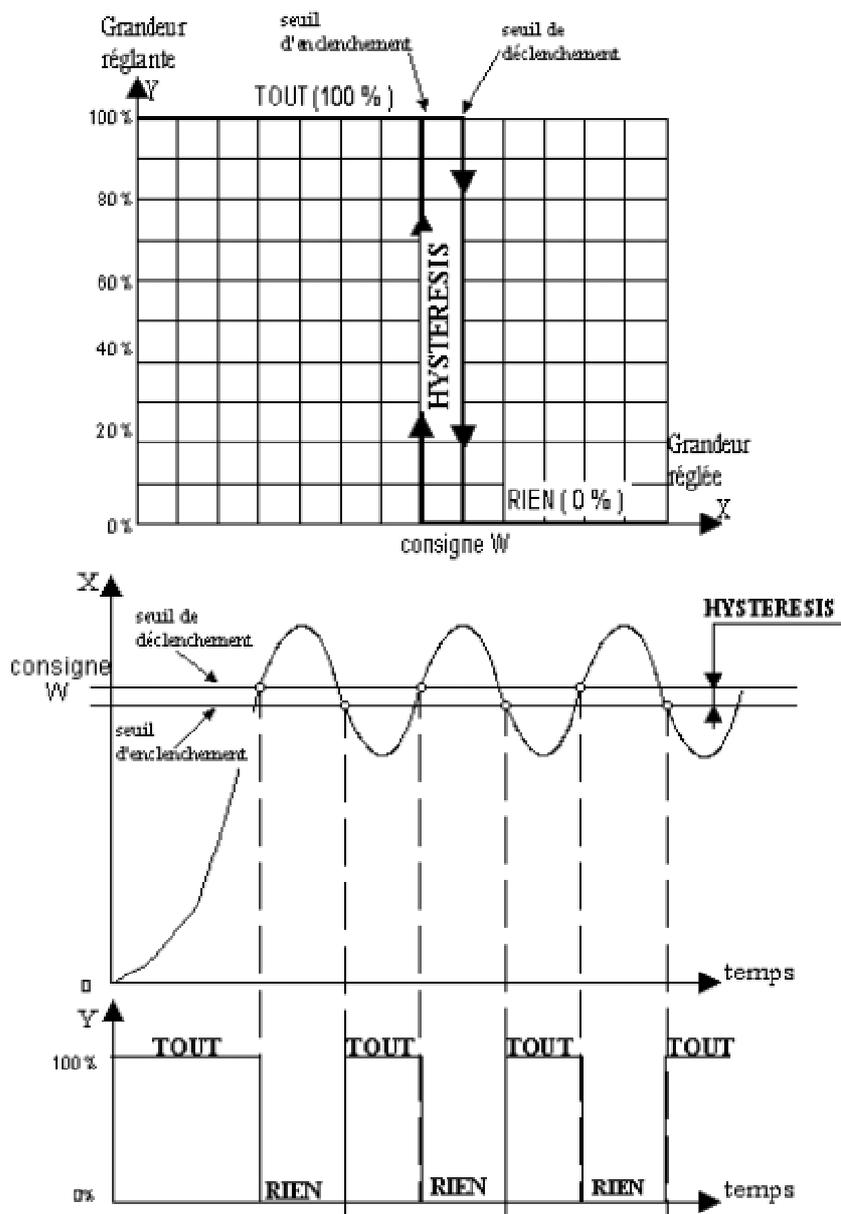
La Sortie régulation ne prendra aucune valeur intermédiaire. La réponse du système présentera, autour du point de consigne, des oscillations entretenues dues au temps mort du système (inertie).

Tant que la valeur de la mesure X est inférieure à la consigne W , la commande Y est de 100 % (TOUT).

Dès que la mesure X atteint et dépasse la consigne W , la commande Y est de 0 % (RIEN).

Dans la réalité, afin de diminuer le phénomène de battement à l'approche de la valeur de consigne, on introduit un deuxième seuil. La valeur de consigne W permettant d'arrêter la commande (RIEN : $Y = 0\%$). La valeur du deuxième seuil permettant de remettre en marche la commande (TOUT : $Y = 100\%$) l'écart entre ces deux valeurs s'appelle l'**HYSTERESIS**.





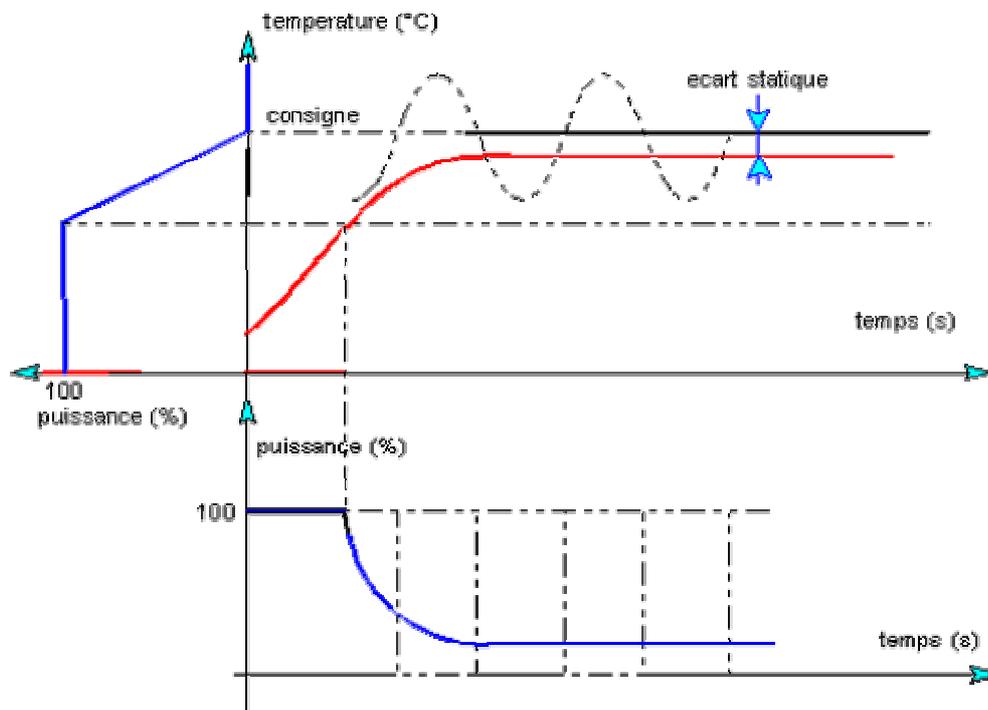
- **Régulateur à action proportionnelle**

L'action proportionnelle est une fonction qui fait varier le signal de sortie du régulateur (grandeur réglante) proportionnellement à l'écart entre la mesure et la consigne. Le coefficient de proportionnalité, appelé gain du régulateur, est obtenu par le réglage du paramètre B_p du régulateur (exprimée en % de l'échelle de mesure du régulateur).

exemple: $B_p = 5\%$, échelle de mesure de 100°C , L bande proportionnelle = 5°C

Dans cette bande (valeur de consigne - valeur de bande proportionnelle), le niveau de la sortie régulation diminue proportionnellement à l'écart mesure/consigne lorsqu'on augmente la mesure (régulation à action inverse).

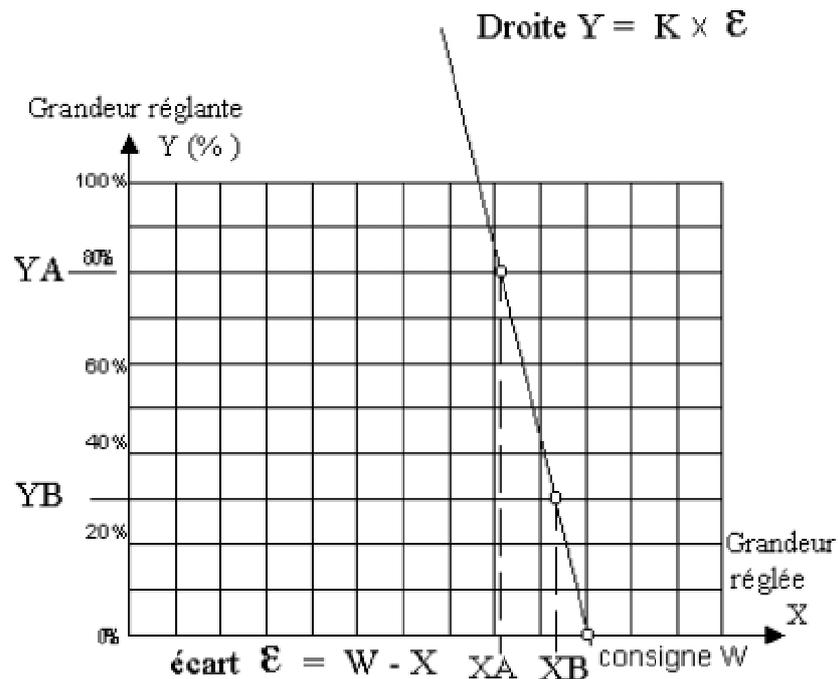
Lorsque l'on place une action proportionnelle dans une chaîne de régulation, il peut apparaître une erreur de statisme en régime stabilisé (écart constant entre la mesure et la consigne). On peut réduire cet écart en diminuant la valeur de la bande proportionnelle (B_p réglé sur une valeur faible) et ce au détriment de la stabilité du système. En effet, la diminution de la bande proportionnelle peut ramener le système vers l'instabilité, d'où l'apparition d'oscillations amorties et un temps de stabilisation plus ou moins long.



L'action proportionnelle est une fonction qui fait varier le signal de sortie du régulateur $Y\%$ = grandeur réglante) proportionnellement à l'écart entre la mesure et la consigne. Le coefficient de proportionnalité, appelé gain du régulateur, est obtenu par le réglage du paramètre X_p du régulateur. L'équation de l'action proportionnelle est sous la forme :

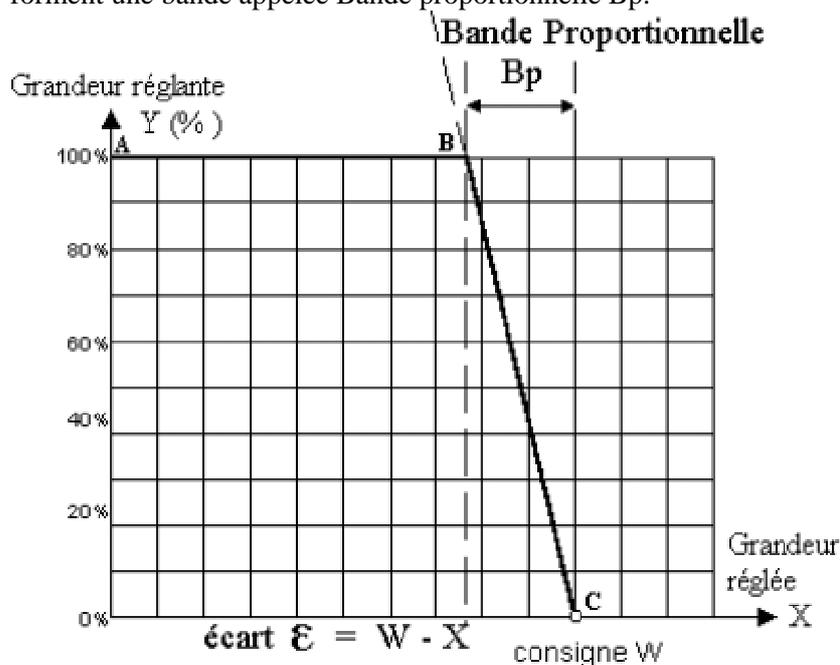
$$Y\% = K \times \varepsilon \quad \text{où } K = \frac{100}{B_p}$$

La commande Y est Proportionnelle à l'écart entre la consigne et la mesure. Le coefficient de proportionnalité K s'appelle le GAIN.



Pour la valeur X_A , la commande vaut Y_A (environ 80 %) pour la valeur X_B , l'écart avec la consigne W est plus petit, la commande Y_B est plus faible (environ 30 %).

La grandeur réglante Y ne pouvant pas dépasser 100 % (on ne peut pas alimenter une résistance chauffante au delà de sa valeur nominale ; on ne peut pas ouvrir une vanne au delà de 100 %), cette droite est en fait un segment. La régulation suit alors l'allure formée par les segments AB et BC . Du point A au point B , le système est commandé à 100 % (puissance maxi), puis du point B au point C , la commande est proportionnelle à l'écart entre W et X . Les limites B et C forment une bande appelée Bande proportionnelle B_p .

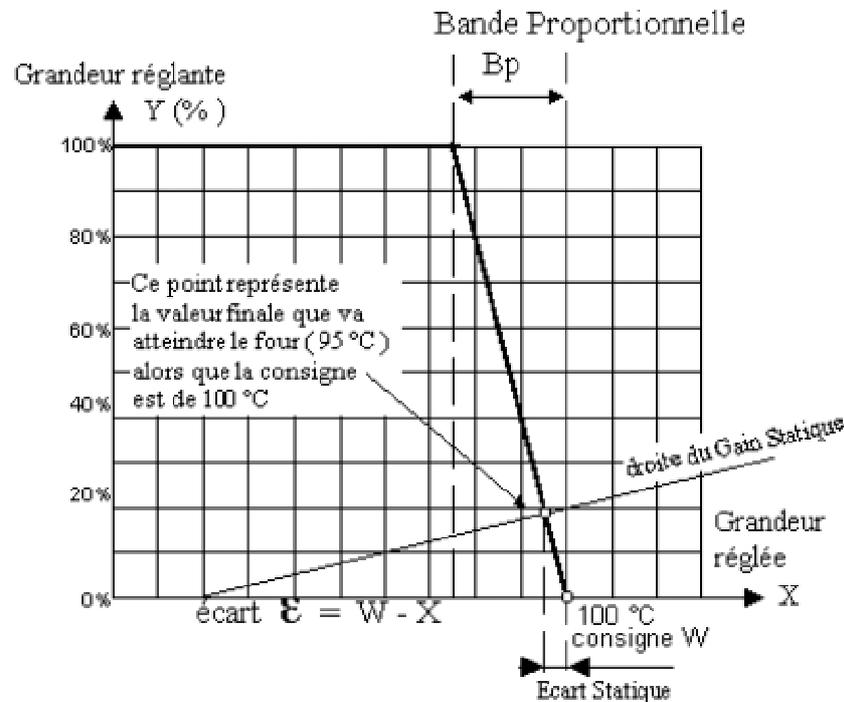


Exemple de régulation proportionnelle : Cas de la régulation de température.

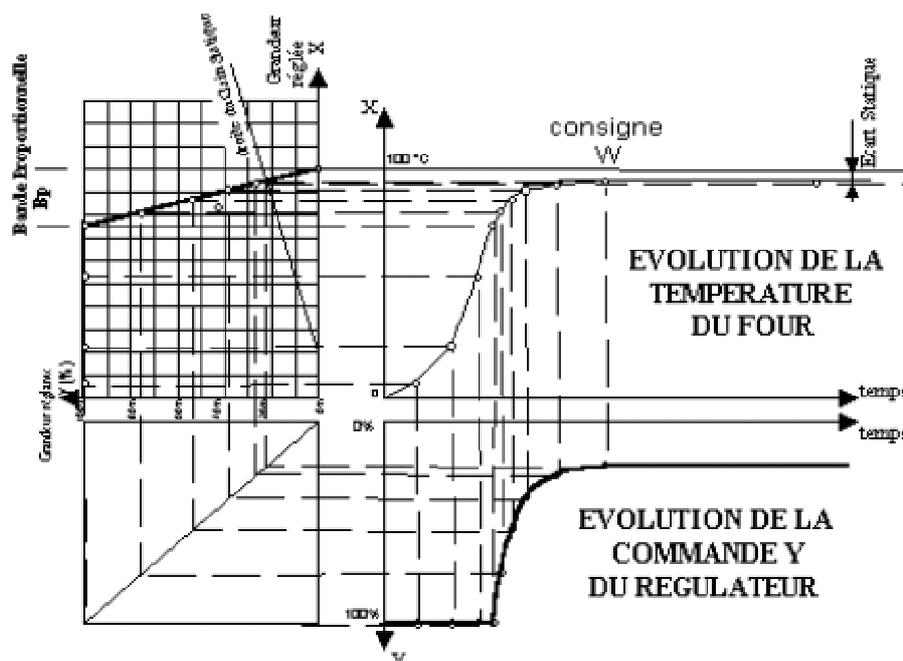
On désire réguler la température dans un four à la valeur 100 °C. On donne la droite du gain statique du four. Déterminer la valeur finale que va atteindre le four dans le cas où on règle le gain à 4. Traçage de l'allure de la régulation :

Si l'écart est 20 °, $Y = K e = 4 * 20 = 80\%$

Si l'écart est 0° alors $Y = 0\%$



Il existe un écart que le régulateur ne pourra compenser. Cet écart s'appelle l' **ECART STATIQUE**. Le graphique suivant permet de tracer l'allure de la grandeur réglante en fonction du temps :



REMARQUE : Sur certains régulateurs disponibles sur le marché, le réglage des caractéristiques de la régulation proportionnelle se fait par le changement du paramètre BP ou PB (bande proportionnelle) . Pour d'autres, ce réglage s'obtient par le changement du paramètre Xp en % (Xp représente le pourcentage correspondant à la bande proportionnelle par rapport à l'échelle de mesure du régulateur). Exemple : Soit 2 régulateurs de température dont l'échelle de mesure est de 500 °C. Régler le paramètre Bp à 20 °C sur l'un ou le paramètre Xp à 4 % (20°C représente 4% de 500°C) sur l'autre, fera fonctionner ces 2 régulateurs de façon totalement identique.

Principe de la modulation d'énergie thermique

En régulation proportionnelle, il est nécessaire de faire varier une grandeur réglante .

Comment peut-on faire varier une grandeur réglante entre 0 % et 100 % ?

Exemple : commande de résistance électrique (four électrique) :

Dans un four électrique régulé par un régulateur proportionnel, on fait varier l'énergie thermique fournie par la résistance électrique.

En effet, l'élévation de température du four est fonction de l'énergie (en Joules) apportée au four d'après la formule :

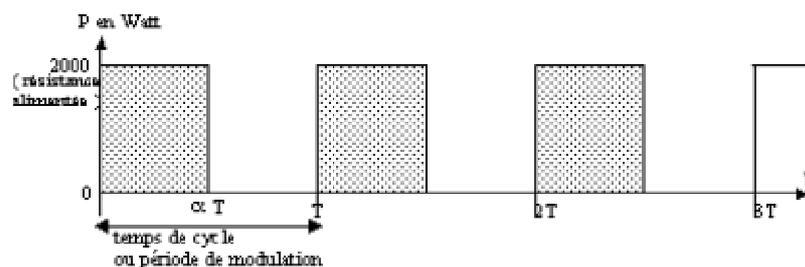
$$P = \frac{W}{t} \quad \text{d'où} \quad \boxed{W = P \times t}$$

p en Watts
 W en Joules
 t en secondes

La puissance de la résistance étant fixe (par exemple $P = 2000 \text{ W}$), on module l'énergie en faisant varier le temps de commande (par la variation du rapport cyclique) de la résistance sur une période. Cette période est appelé **Temps de Cycle** ou **Période de modulation** ou **cycle proportionnel**.

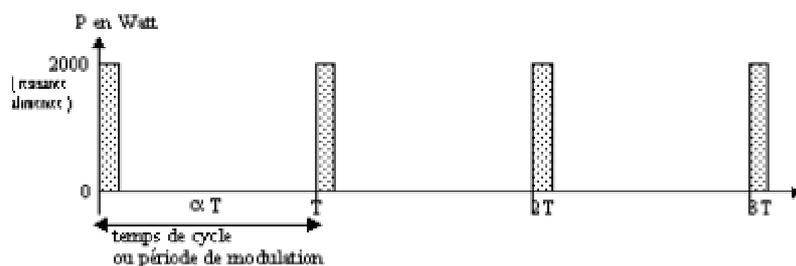
exemple : on veut apporter 2000 Joules dans un four dont la résistance est de 2000 W. il faut alimenter la résistance pendant 1 seconde.

exemple avec une commande à 50 % le rapport cyclique alpha est donc de 0,5
l'énergie apportée au four est de 1000 Joules par seconde en moyenne

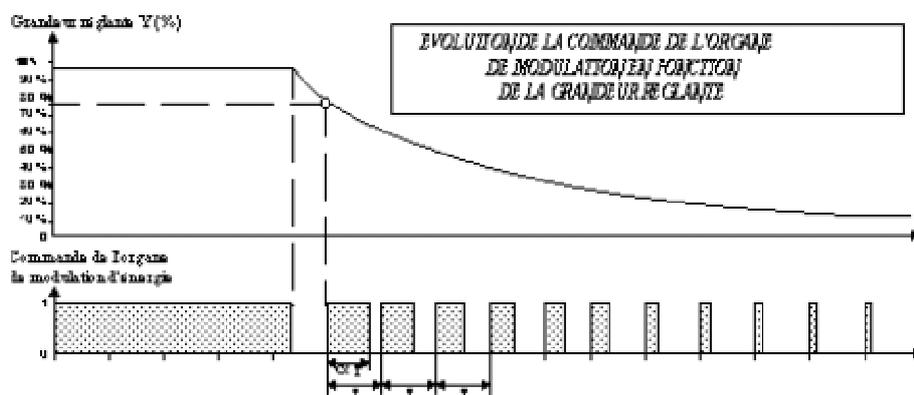


on veut apporter 1000 Joules dans un four dont la résistance est de 2000 W. il faut alimenter la résistance pendant 0,5 seconde.

exemple avec une commande à 10 % le rapport cyclique alpha est donc
l'énergie apportée au four est de 200 J oules par seconde en moyenne



La modulation de l'énergie apportée au four se fera donc de la façon suivante :



- **Régulateur à action proportionnelle et intégrale**

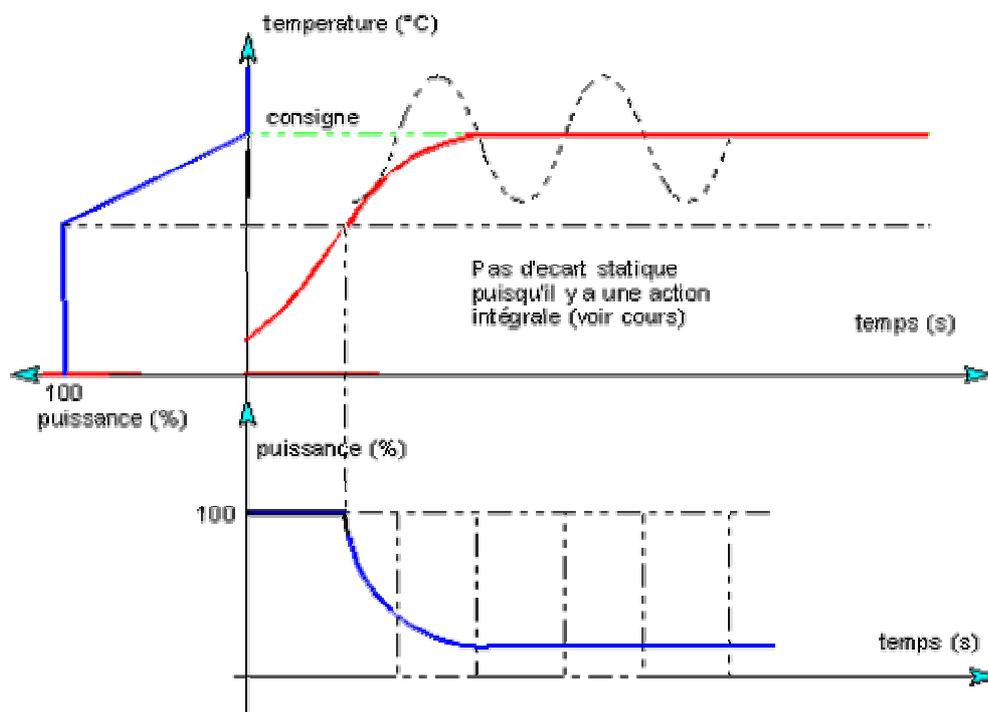
Dans le cas de la commande d'un système par action proportionnelle seule, on constate un écart de statisme en régime établi. Pour éliminer celui-ci, on utilise en complément une action intégrale qui tient compte à la fois de l'écart entre la mesure et la consigne et du temps. La valeur de l'action intégrale s'exprime en unité de temps (généralement en seconde).

L'action intégrale va tendre à éliminer tout écart de statisme du système sans avoir d'influence sur la stabilité de celui-ci.

Si l'écart entre la mesure et la consigne est de signe positif et dure un certain temps, la sortie du régulateur augmentera dans le temps afin de remonter la mesure et d'obtenir l'égalité mesure/consigne.

Si l'écart est de signe négatif et dure un certain temps, l'intégration s'effectuera dans l'autre sens et la sortie du régulateur diminuera dans le temps pour obtenir l'égalité mesure/consigne.

L'action intégrale annule l'écart résiduel rencontré avec la seule action proportionnelle et ce d'autant plus rapidement que le temps d'intégration est faible (une valeur trop faible risque de rendre le système instable).



- **Régulateur à action proportionnelle, intégrale et dérivée**

L'action dérivée fait intervenir la notion de dérivée de l'écart, c'est-à-dire la vitesse de variation de celle-ci. La valeur de l'action dérivée s'exprime en unité de temps (généralement en seconde). Lors de la prise de consigne (première montée en température vers la valeur de consigne), l'action dérivée freine la montée et évite ainsi les dépassements éventuels. Le système étant en régime établi, si une perturbation intervient, l'action dérivée apparaîtra dès que l'on détectera une variation de l'écart. Il s'agit donc d'une action par anticipation car la commande est corrigée dès l'apparition d'une perturbation. L'action dérivée compense en partie l'inertie du système. Elle stabilise en outre la boucle et permet de prendre des valeurs de gain élevées. Elle est principalement utilisée pour des systèmes présentant des inerties relativement importantes.

1.4. Analyse des activités dans une régulation

La régulation consiste à amener une grandeur physique X (vitesse, position, température, etc.) à une valeur fixe, appelée consigne W . On utilise pour cela un régulateur, composé d'un comparateur et d'un correcteur. Le comparateur déduit l'écart ε entre la consigne W et la mesure X . Le correcteur génère une grandeur réglante Y dont le but sera d'annuler l'écart ε . C'est cette grandeur réglante Y (exprimée en %) qui commande l'organe de modulation d'énergie (relais statique, vanne, etc...). Ce sont les caractéristiques du correcteur qui déterminent la qualité de la régulation. Il existe des correcteurs :

- T.O.R (Tout Ou Rien)
- P.I (proportionnel et intégral)
- P (proportionnel)
- P.I.D (proportionnel, intégral, dérivé)

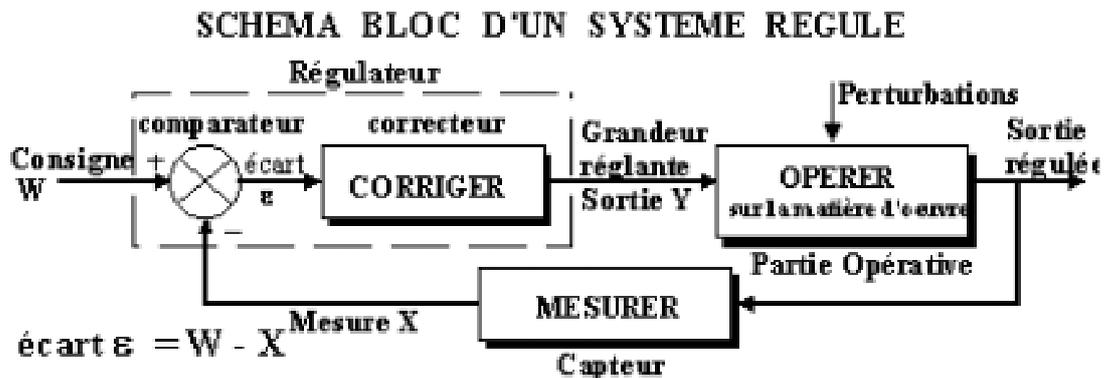
D'une façon générale une chaîne de régulation peut être analysée selon la figure ci après :

W : Consigne de régulation

X : Grandeur réglée (mesure)

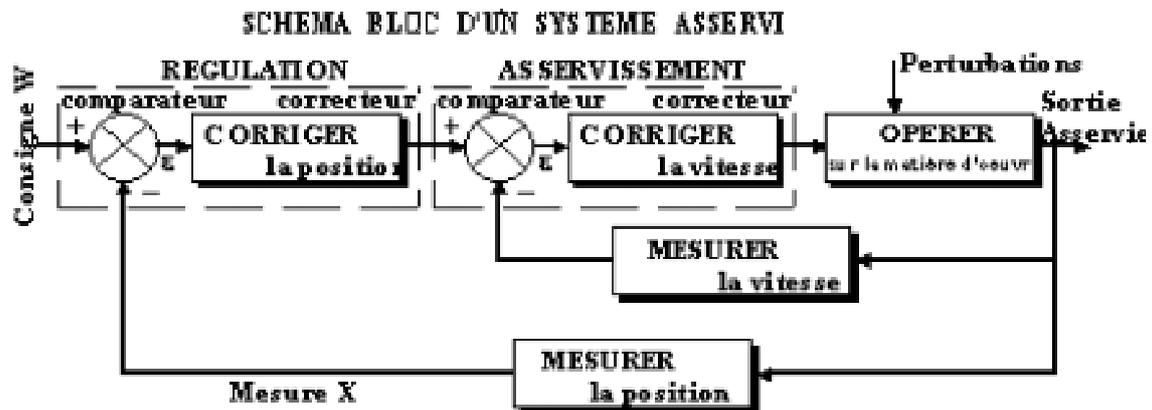
ϵ : Ecart mesure/consigne (= W - X)

Y : Grandeur réglante (niveau de sortie du régulateur)



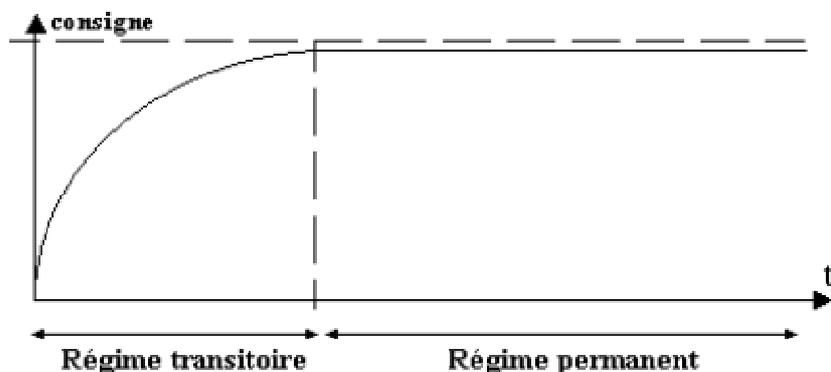
1.5. Analyse des activités dans un Asservissement

L'asservissement a une entrée de référence qui suit une grandeur physique ; elle est donc variable et indépendante directement des consignes de l'opérateur. La consigne varie constamment.



2. REGULATION ET ASSERVISSEMENTS

2.1. Régime Transitoire - Régime Permanent



REGIME TRANSITOIRE :

Un système est dit en régime transitoire, pendant la durée de passage d'une situation stable à une autre situation stable. Ce régime correspond à une phase de déséquilibre du système. Le régime transitoire n'a pas de caractère périodique.

REGIME PERMANENT :

Un système est dit en régime permanent, lorsqu'il entre dans une phase d'équilibre. Son évolution dans le temps reste stable et périodique.

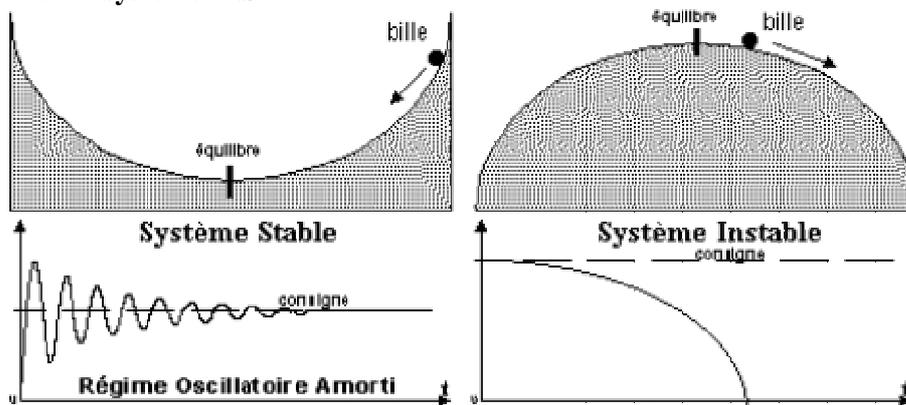
2.2. Stabilité

EXEMPLE : Sur la figure de gauche, lorsque la bille est lâchée, elle entame un mouvement oscillatoire autour de la position d'équilibre (voir graphique) puis se stabilise sur le point d'équilibre :

c'est un **système STABLE**.

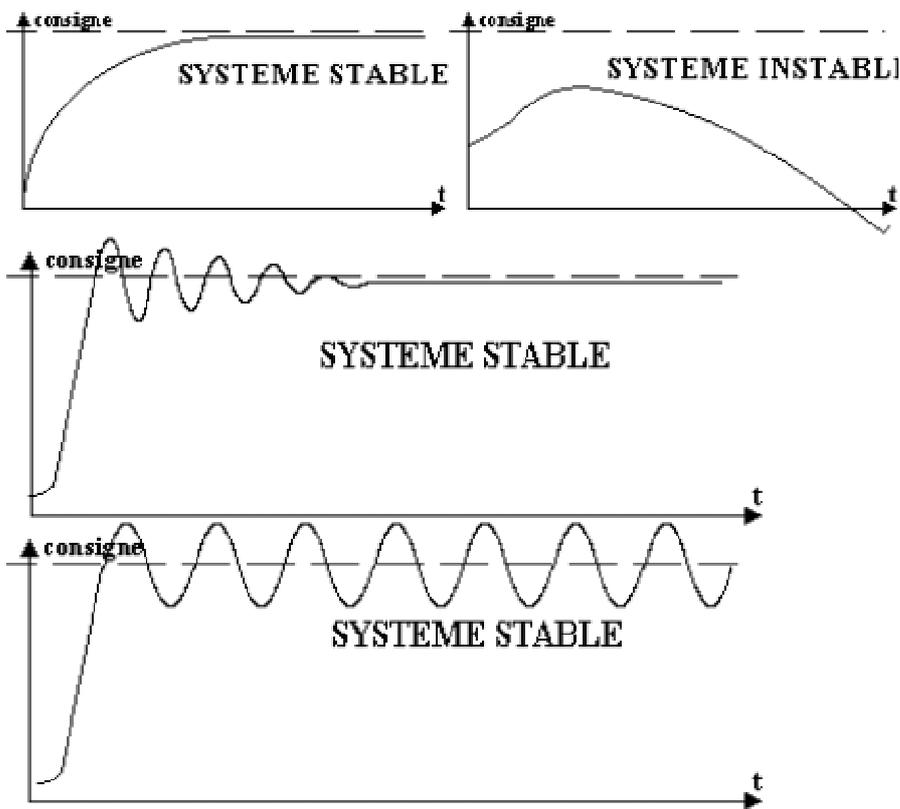
Sur la figure de droite, lorsque la bille est lâchée, elle entame un mouvement qui l'éloigne du point d'équilibre. Plus elle s'éloigne et plus l'effort qui l'incite à s'éloigner du point d'équilibre augmente :

c'est un **système INSTABLE**.

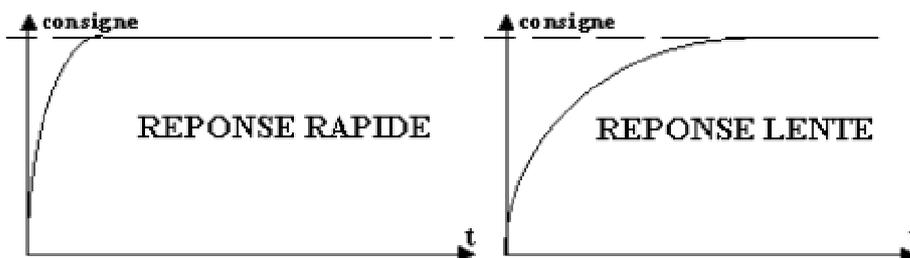


Un système est dit stable lorsqu'il se trouve dans une position d'équilibre autour d'une valeur.

Toute tentative de déséquilibre du système aura pour conséquence, un retour naturel de celui-ci dans une position d'équilibre.

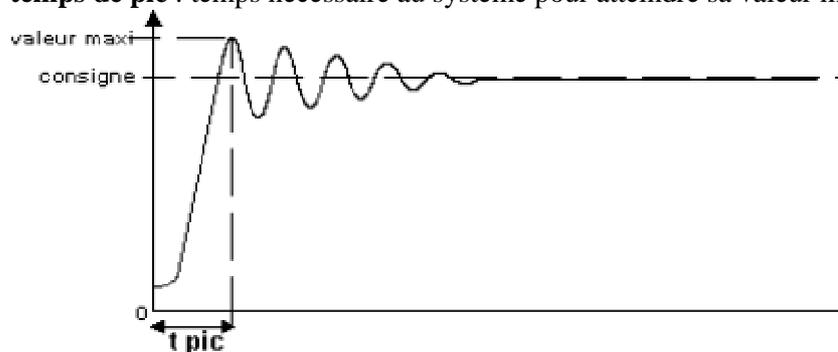


2.3. Rapidité - Temps de réponse

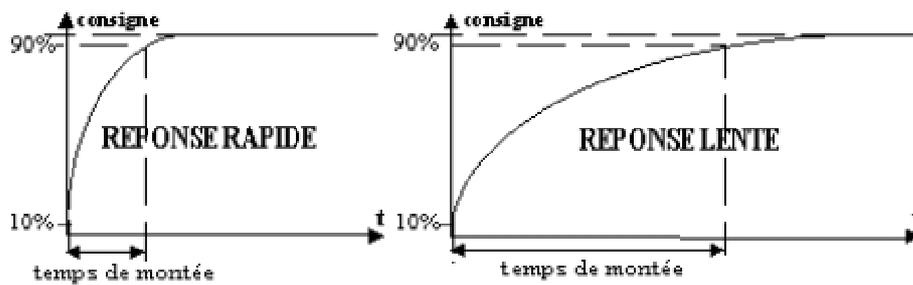


Il existe plusieurs critères pour évaluer la rapidité d'un système régulé.

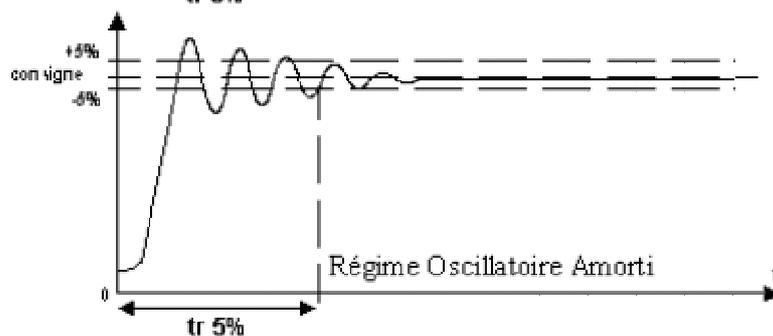
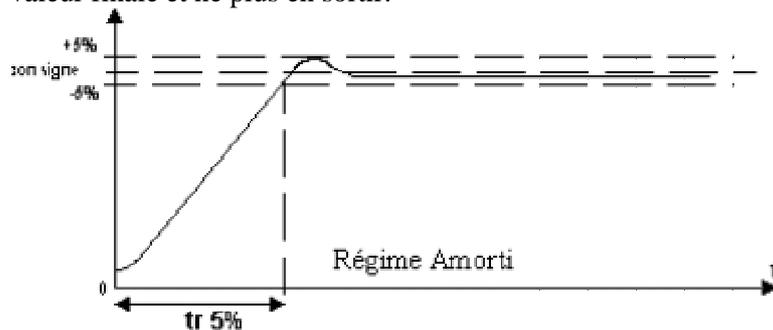
temps de pic : temps nécessaire au système pour atteindre sa valeur maxi



temps de montée : temps nécessaire au système pour passer de 10% à 90% de sa valeur finale.

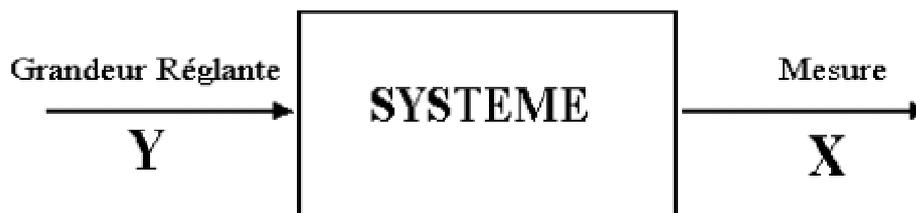


temps de réponse : temps nécessaire au système pour entrer dans une bande de x% autour de la valeur finale et ne plus en sortir.



2.4. Détermination du Gain Statique

Remarque: Dans la suite de l'exposé, la valeur de la grandeur réglante Y sera exprimée en %, déterminant ainsi le pourcentage de la puissance électrique totale appliquée au système



On définit le gain statique d'un système comme étant le rapport de l'accroissement dX de la mesure à l'accroissement dY de la grandeur réglante

$$G_S = \frac{\Delta X}{\Delta Y}$$

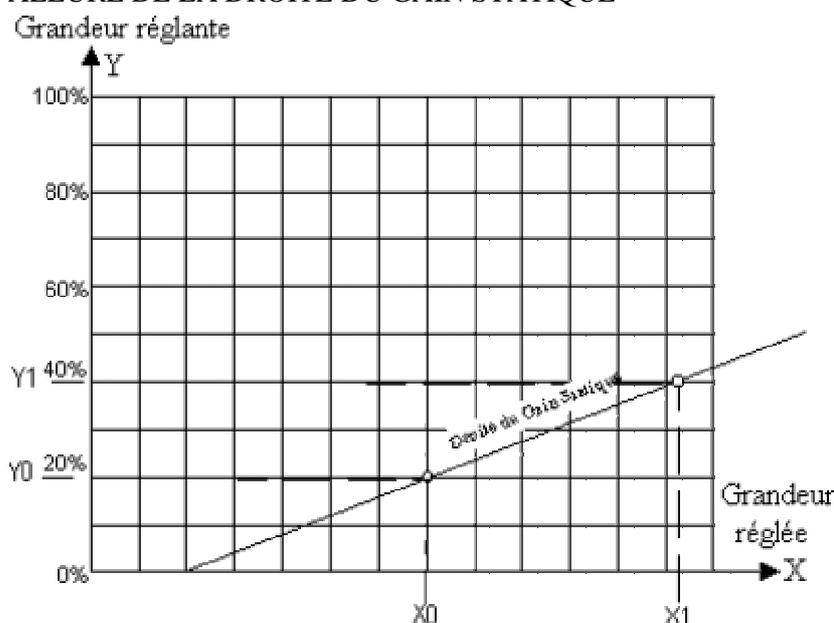
MODE OPERATOIRE PERMETTANT DE DETERMINER LE GAIN STATIQUE

Le régulateur étant en fonctionnement manuel, on applique au système une grandeur réglante Y_0 et lorsque la mesure est stabilisée on note sa valeur X_0 . Ensuite on applique au système une nouvelle valeur de la grandeur réglante Y_1 et lorsque la nouvelle mesure est stabilisée on note sa valeur X_1 .

$$\text{Donc } G_s = \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \frac{X_1 - X_0}{Y_1 - Y_0} \quad \begin{array}{l} G_s \text{ s'exprime en } ^\circ\text{C/W} \\ \text{(degrés Celsius par Watt)} \end{array}$$

La courbe de réponse enregistrée au cours de cet essai permet d'identifier de façon sommaire le système. Dans le cas de la régulation de température, cette valeur G_s représente l'élévation de température du four lorsqu'on lui apporte un Watt de puissance thermique. On peut dans ces conditions, représenter l'allure de la température (X) en fonction de la grandeur réglante (Y). Cette droite s'appelle la droite du Gain Statique

ALLURE DE LA DROITE DU GAIN STATIQUE



La grandeur réglante Y exprime un pourcentage de la puissance totale apportée au système.

Exemple : cas de la régulation de température par résistance chauffante.

Si la puissance d'un four est de 2000 W, régler $Y = 25\%$ équivaut à chauffer le four avec une résistance chauffante de 500 W

Détermination du Gain Statique du four : les mesures ont donné :

pour $Y_0 = 20\%$, $X_0 = 70\ ^\circ\text{C}$

pour $Y_1 = 40\%$, $X_1 = 123\ ^\circ\text{C}$

calcul du Gain Statique :

$G_s = dX/dY = [(123-70) / (40-20)] = 2,65\ ^\circ\text{C}/\%$ de la puissance totale

soit $2,65/20 = 0,1325\ ^\circ\text{C/W}$

3. PRINCIPE DE L'ACQUISITION D'INFORMATION / TRANSMETTEURS

Avant de transmettre, il faut d'abord capter, tous les capteurs-transmetteurs doivent effectuer ces deux fonctions.

3.1. Les capteurs

Le capteur est un dispositif qui transforme une grandeur physique généralement en une grandeur électrique. Le choix de l'énergie électrique vient du fait qu'un signal électrique se prête facilement à de multiples transformations difficiles à réaliser avec d'autres types de signaux.

Dans une boucle de régulation : Il est nécessaire de comparer la grandeur réglée (x) de sortie avec la grandeur que l'on s'est fixé (consigne). Cette comparaison n'est possible qu'entre deux grandeurs de même nature et nécessite de traduire les grandeurs mesurées en signaux électriques. De plus, les systèmes électroniques réalisent des réponses très rapides.

Capter : Toutes les grandeurs physiques utilisées dans des procédés industriels doivent être mesurées pour pouvoir agir manuellement ou automatiquement sur le processus.

Les principales grandeurs mesurées dans l'industrie :

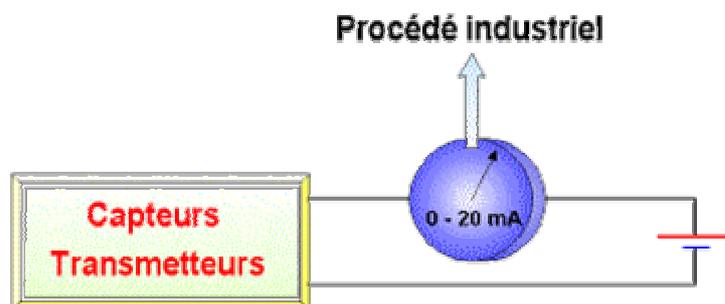
- La température : le thermocouple, PT 100, NI 100, C.T.N., C.T.P, ...
- Les niveaux : ultrasons, capacitif, vibrations,...
- La pression : manomètre à tube de Bourdon, à membrane, ...
- Les débits : dispositifs venturi, débitmètre électromagnétique, vortex, ...

Transmettre

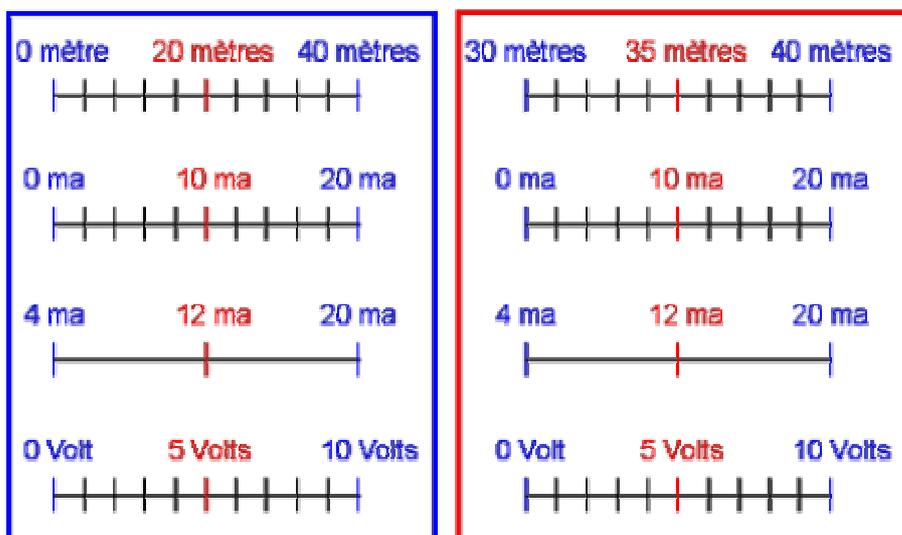
Les principaux signaux fournis par les capteurs transmetteurs.

- Les signaux Tout Ou Rien (sortie logique 0 ou 1). Les détecteurs T.O.R.
- Les signaux en courant. Les principaux standards: 0 -20 mA, 4 -20 mA.
- Les signaux en tension. Les principaux standards: 0 - 10 volts, 0 - 5 volts, -10V/+10V.
- Les signaux numériques qui de nos jours sont de plus en plus utilisés. Les codes binaires purs ou code GRAY.
- La transmission par l'air comprimé.

On peut transformer une grandeur physique quelconque en un signal électrique normalisé facilement utilisable par un processus industriel. Il suffit de choisir le capteur adéquat en fonction du type de mesure effectué.



Conversion de deux hauteurs de cuve en signaux 0 - 20 ma, 4 - 20 mA, 0 - 10 Volts



1) Pour une échelle 0 - 20 mA : Le niveau de la cuve est à 32 mètres sur une hauteur de mesure comprise entre 0 et 40 mètres cela donne pour une échelle de sortie 0 - 20 mA:

$$(32 / (40 - 0)) = 32 / 40 \Rightarrow ((32 / 40) * (20 - 0)) = \mathbf{16 \text{ mA}}$$

2) Pour une échelle 4 - 20 mA : Le niveau de la cuve est à 32 mètres sur une hauteur de mesure comprise entre 0 et 40 mètres cela donne pour une échelle de sortie 4 - 20 mA:

$$(32 / (40 - 0)) = 32 / 40 \Rightarrow (((32 / 40) * (20 - 4)) + 4) = \mathbf{16,8 \text{ mA}}$$

3) Pour une échelle 0 - 10 Volts : Le niveau de la cuve est à 32 mètres sur une hauteur de mesure comprise entre 0 et 40 mètres cela donne pour une échelle de sortie 0 - 10 volts:

$$(32 / (40 - 0)) = 32 / 40 \Rightarrow ((32 / 40) * (10 - 0)) = \mathbf{8 \text{ volts}}$$

4) Pour une échelle 0 - 20 mA : Le niveau de la cuve est à 30 mètres sur une hauteur de mesure comprise entre 20 et 40 mètres cela donne pour une échelle de sortie 0 - 20 mA:

$$((30 - 20) / (40 - 20)) = 10 / 20 \Rightarrow ((10 / 20) * (20 - 0)) = \mathbf{10 \text{ mA}}$$

5) Pour une échelle 4 - 20 mA : Le niveau de la cuve est à 30 mètres sur une hauteur de mesure comprise entre 0 et 40 mètres cela donne pour une échelle de sortie 4 - 20 mA:

$$((30 - 20) / (40 - 20)) = 10 / 20 \Rightarrow (((10 / 20) * (20 - 4)) + 4) = \mathbf{12 \text{ mA}}$$

6) Pour une échelle 0 - 10 Volts : Le niveau de la cuve est à 30 mètres sur une hauteur de mesure comprise entre 0 et 40 mètres cela donne pour une échelle de sortie 0 - 10 volts:

$$((30-20) / (40 - 0)) = 10 / 40 \Rightarrow ((10 / 40) * (10 - 0)) = \mathbf{2,5 \text{ volts}}$$

3.2. Transmission d'une information analogique

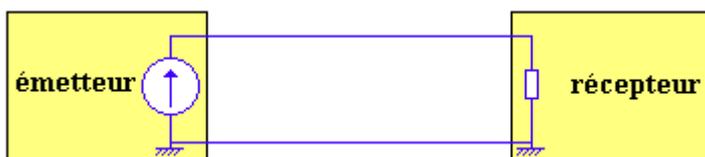
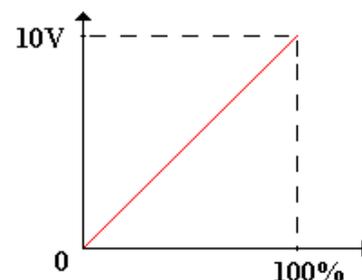
La transmission se fait par **niveau de tension** ou par **boucle de courant**.

Niveau de tension

L'échelle la plus utilisée est **0 - 10 V**

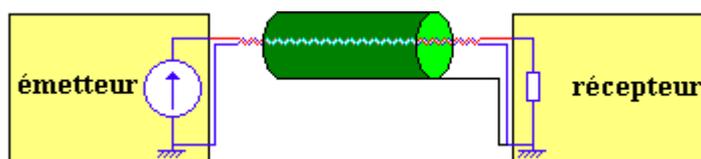
Par exemple, si l'entrée "référence" d'un variateur de vitesse reçoit 5V, le moteur tourne à 50% de sa vitesse nominale.

La structure de la liaison est la suivante :



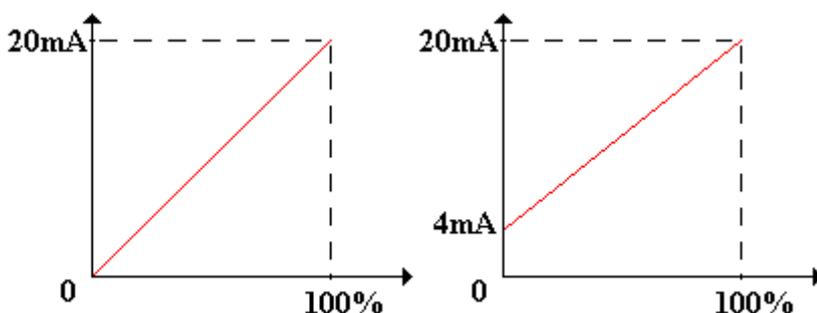
L'émetteur peut être un potentiomètre, un automate programmable.. Le récepteur peut être un variateur de vitesse, un four...

La longueur de la liaison doit être **courte** (quelques mètres). Il est impératif d'utiliser du **câble torsadé et blindé**. Il est parfois conseillé de relier le blindage à la masse par l'une de ses extrémités.



Boucle de courant

Les échelles les plus utilisées sont **0 - 20 mA** et **4 - 20mA**



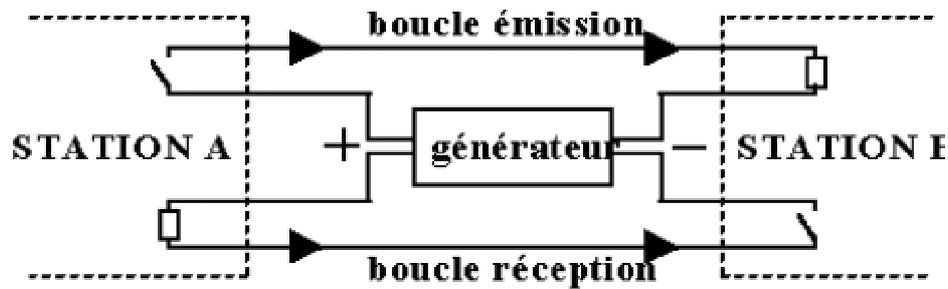
La structure de la liaison est la suivante:

Par exemple si l'entrée d'un variateur (4 - 20mA) reçoit 12mA, le moteur tourne à 50% de sa vitesse nominale. Avec 4mA, le moteur est à l'arrêt. La boucle



de courant présente une **meilleure immunité aux bruits** (parasites). L'intensité du courant est indépendante de la résistance du câble, ce qui autorise de **grandes longueurs de ligne** de transmission (quelques centaines de mètres). La boucle 4-20mA présente un intérêt supplémentaire dans la mesure où elle permet une **détection "ligne coupée"** (courant nul, donc hors échelle).

La particularité de cette norme est que la transmission des bits de données se fait non pas en niveaux de tensions mais en niveaux de courants. La liaison par boucle de courant 20 mA est sans doute la plus ancienne des liaisons séries issue de la communication avec un télé-imprimeur et n'a jamais fait l'objet d'une normalisation. Elle se compose de deux boucles, une pour l'émission l'autre pour la réception, parcourues ou non par un courant de 20 mA obtenu à partir d'une source de tension.



- présence d'un courant de 20 mA = 1 LOGIQUE
- non présence d'un courant de 20 mA = 0 LOGIQUE

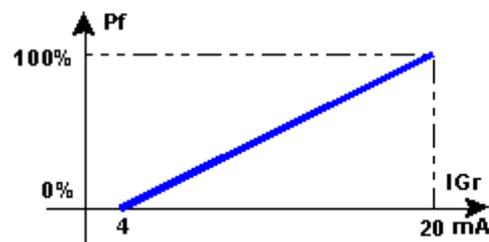
UTILISATION : Par sa simplicité de mise en oeuvre, trouve de nombreuses applications lorsqu'un débit de quelques milliers de bits par seconde est suffisant.

- Pour la sortie 4 - 20 mA grandeur réglante
1

$$I_{Gr} = Pf / (\beta)$$

I_{Gr} : grandeur réglante
 Pf : puissance à fournir
 β : coefficient

La grandeur réglante est directement proportionnelle à la puissance à fournir



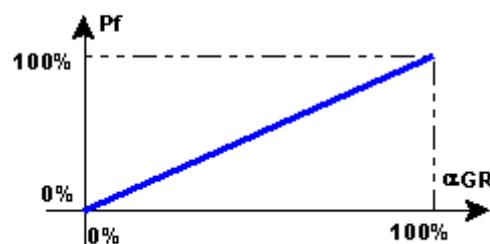
Pf = puissance fournie à la résistance chauffante
 I_{Gr} : grandeur réglante de la sortie analogique du rég. 4 - 20mA

- Pour la sortie 0 - 10 V grandeur réglante
2

La grandeur réglante est proportionnelle à la puissance à fournir par le rapport cyclique

$$\alpha_{Gr} = Pf / (\alpha)$$

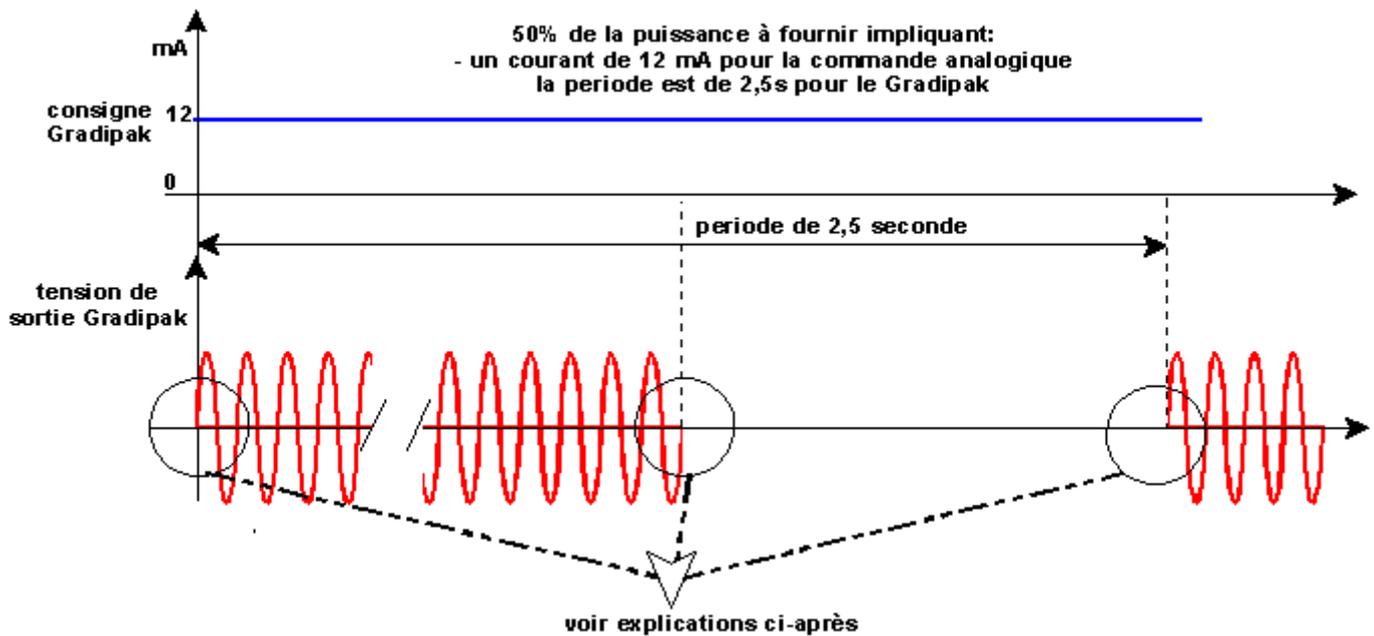
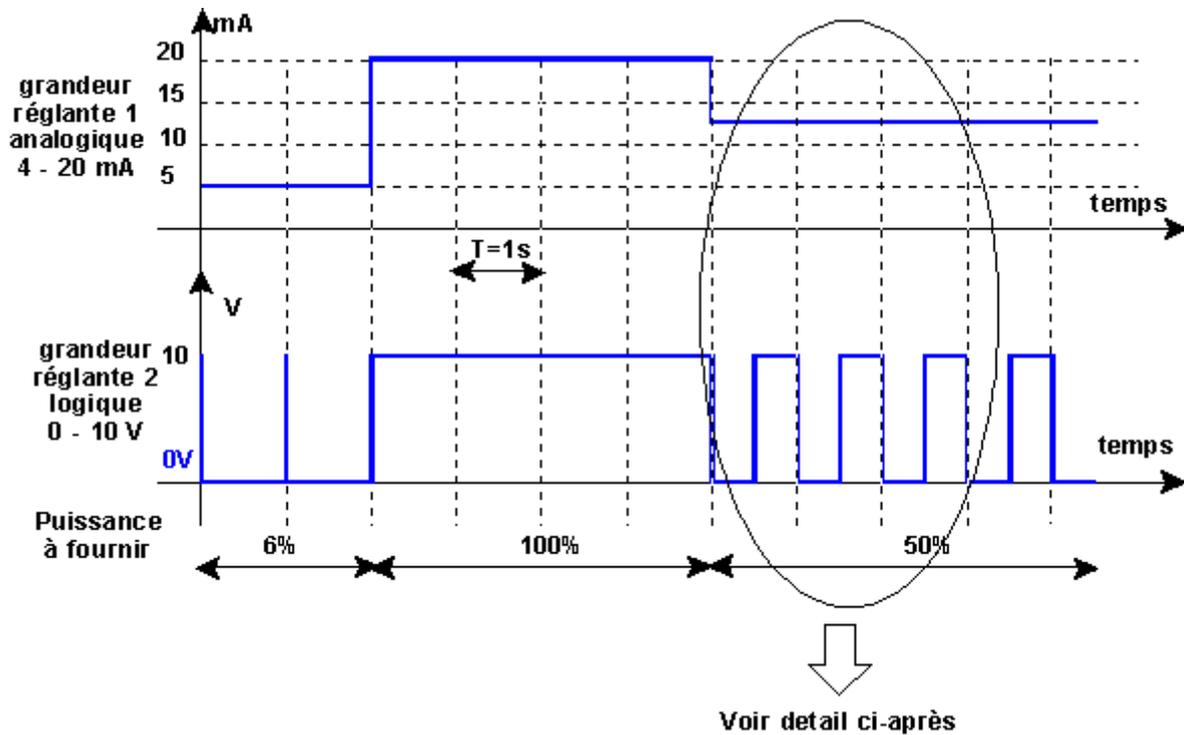
α_{Gr} : grandeur réglante
 Pf : puissance à fournir
 α : coefficient (rapport cyclique)



Pf = puissance fournie à la résistance chauffante
 α_{Gr} : grandeur réglante de la sortie logique du rég. 0 - 10V

- **Chronogrammes Gradipak**

Les différents chronogrammes des sorties seront comme les suivants :



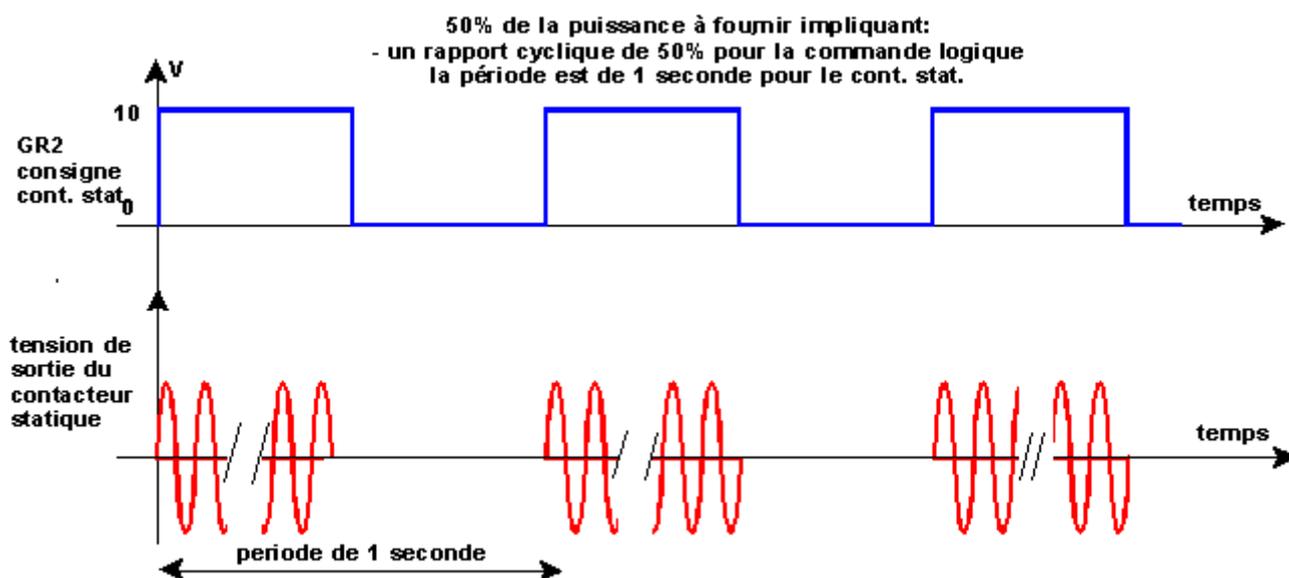
NB : si les périodes de la commande sont à l'échelle, les périodes des tensions aux bornes de la résistance chauffante ne le sont pas.

Explication 1: Nous pouvons remarquer que l'amorçage et le désamorçage des commutateurs du Gradipak se fait à 0 tension c'est à dire à 0 courant puisque le récepteur est de type résistif. Cela implique un meilleur fonctionnement du système car il n'y a pas d'appel de courant au démarrage.

Explication 2: De plus le nombre de demi période positive est égal au nombre de demi période négative ce qui implique une tension moyenne résiduelle nulle.

$$\text{Rappel: } P = (1/T) \int_0^T [\hat{U} \cdot \sin(\omega \cdot t)] \cdot [\hat{I} \cdot \sin(\omega \cdot t + \phi)] \cdot dt$$

- Chronogrammes contacteur statique



NB si les périodes de la commande sont à l'échelle les périodes des tensions aux bornes de la résistance chauffante ne sont pas à l'échelle.

Nous pouvons remarquer que l'amorçage et le désamorçage des commutateurs du contacteur statique se fait à 0 tension comme sur le Gradipak. Cela implique un meilleur fonctionnement du système car il n'y a pas d'appel de courant au démarrage. Par contre le nombre de périodes négatives et positives peut être différent, ce qui implique une tension moyenne non nulle.

4. LE REGULATEUR

Le régulateur, inséré dans une chaîne de commande, impose, en contrainte d'exploitation au sous système de modulation d'énergie une grandeur réglante selon une loi de commande couramment appelée algorithme. La plupart des régulateurs de marques différentes comportent un algorithme identique, désigné par "PID".

P : Action proportionnelle

I : Action intégrale

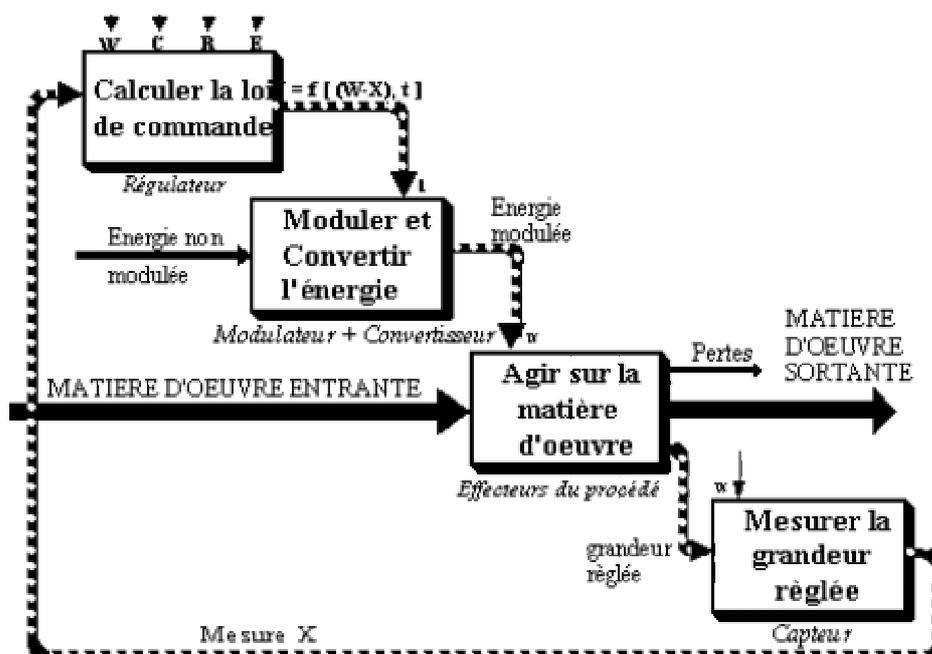
D : Action dérivée

P.I.D. sont des modules d'action

L'adaptation d'un régulateur aux différents systèmes s'effectue par le réglage des coefficients (paramètres) de l'algorithme:

- Paramètre X_p pour le réglage de l'action proportionnelle
- Paramètre T_i pour le réglage de l'action intégrale
- Paramètre T_d pour le réglage de l'action dérivée

APPROCHE FONCTIONNELLE SIMPLIFIEE DU PROCEDE DE REGULATION

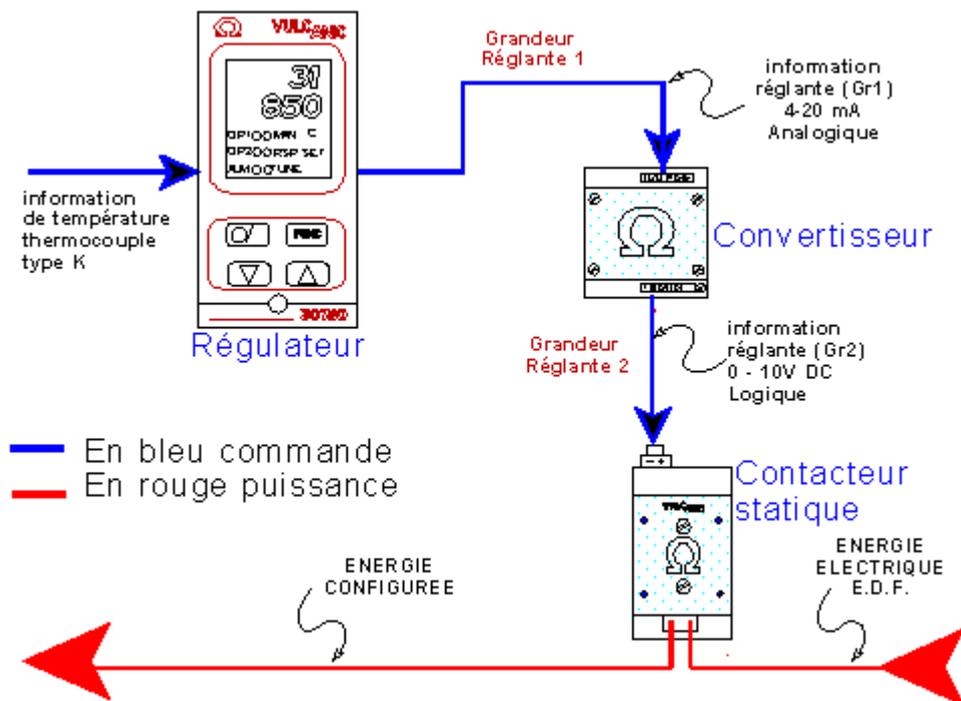
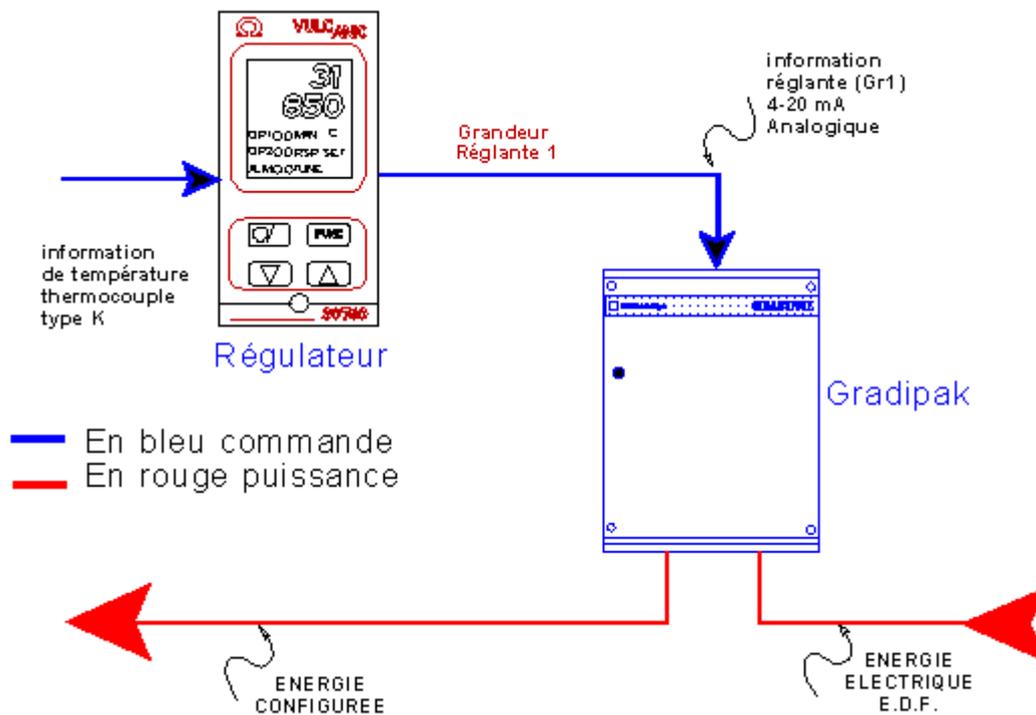


Le régulateur délivre une grandeur réglante qui permet de contrôler le Gradipak ou le contacteur statique par l'intermédiaire du convertisseur. Cette grandeur réglante est **proportionnelle** à la puissance à fournir pour chauffer le four: Il transmet une information analogique qui une fois traitée par le régulateur permet d'avoir une puissance plus ou moins importante délivrée par le gradateur (Gradipak) ou les contacteurs statiques.

Ce régulateur est un régulateur **Vulcanic** et sa référence est **30760-25**. Il permet la régulation soit avec:

- le contacteur statique qui n'accepte qu'une tension logique 0-10V et qui est donc commandé par le régulateur mais par l'intermédiaire d'un convertisseur analogique 4-20 mA/ logique 0-10V
- le GRADIPAK (gradateur monophasé) qui accepte la commande 4 - 20 mA

Voir les synoptiques suivants.

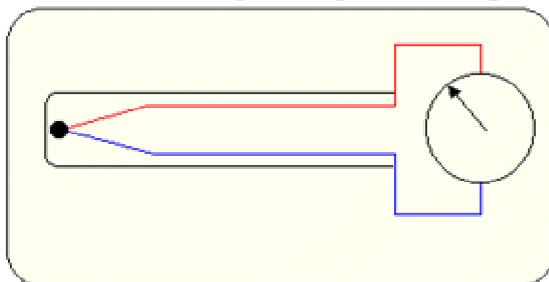
Configuration avec contacteur statique:**Configuration avec gradipak :**

5. LE THERMOCOUPLE

5.1. Principe du thermocouple

Les thermocouples ou couples thermoélectriques transforment une température en une tension électrique mesurable. Le couple est constitué par deux conducteurs A et B de natures différentes, soudés bout à bout en circuit fermé. Les deux soudures sont à des températures différentes et un courant circule dans le circuit A – B. Les écarts de potentiel et de température entre 2 soudures sont liés par une relation qui est caractéristique du couple des métaux utilisés. Le fait de chauffer la soudure chaude génère une force électromotrice (f.é.m.) exprimée en micro ou millivolts (μV ou mV). L'élévation de température est rigoureusement proportionnelle à la force électromotrice enregistrée par le galvanomètre. Cette mesure en μV est ensuite traduite le plus souvent en degrés centigrades, information recherchée. Dans l'industrie, la liaison soudure froide - soudure chaude est généralement effectuée à l'aide d'un câble isolé. Les thermocouples sont utilisés pour la prise de température directe dans une zone de -200 à $+1800^\circ\text{C}$ dans la

chimie, l'industrie de la céramique et de la métallurgie, dans la construction des fours et dans beaucoup d'autres domaines. Des gaines (doigt de gant) protègent le thermocouple contre les ambiances agressives et les chocs mécaniques. Grâce à la normalisation, on peut échanger les thermocouples sans devoir ré-étalonner les appareils d'indication, de régulation et d'enregistrement.



5.2. Nature des conducteurs et extrait de normes

SYMBOLE	NATURE DU THERMOCOUPLE	POLARITE	COULEURS	TEMPERATURE
T	CUIVRE CONSTANTAN	+ / -	JAUNE-BLEU	40 à 350 C°
J	FER CONSTANTAN	+ / -	JAUNE-NOIR	- 40 à 750 C°
K	NICKEL-CHROME NICKEL-ALLIE	+ / -	JAUNE-VIOLET	- 40 à 1200 C°
E	NICKEL-CHROME CONSTANTAN	+ / -	JAUNE-ORANGE	- 40 à 900 C°
R	PLATINE RHODIE 13 % PLATINE	+ / -	JAUNE-VERT	0 à 1600 C°
S	PLATINE RHODIE 10 % PLATINE	+ / -	JAUNE-VERT	0 à 1600 C°
B	PLATINE RHODIE 30 % PLATINE RHODIE 6 %	+ / -	JAUNE-GRIS	600 à 1700 C°

Extraits de normes

Plage et tolérance de température (IEC 584-2)

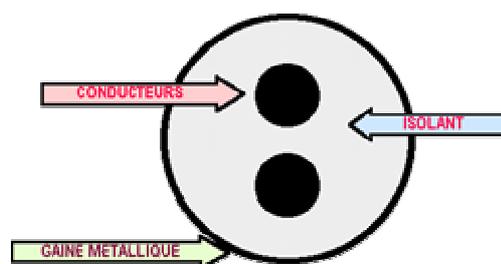
Type	Plage (1)	Tolérance en Classe 2
T	-40...+350°C	±1,0°C de -40 à +133°C ±0,0075.θ de 133 à 350°C
J	-40...+750°C	±2,5°C de -40 à +333°C ±0,0075.θ de 333 à 750°C
E	-40...+900°C	±2,5°C de -40 à +333°C ±0,0075.θ de 333 à 900°C
K	-40...+1200°C	±2,5°C de -40 à +333°C ±0,0075.θ de 333 à 1200°C
N	-40...+1200°C	±2,5°C de -40 à +333°C ±0,0075.θ de 333 à 1000°C
S	0...+1600°C	±1,5°C de 0 à +600°C ±0,0025.θ de 600 à 1600°C
R	0...+1600°C	±1,5°C de 0 à +600°C ±0,0025.θ de 600 à 1600°C
B	+600...+1700°C	±0,0025.θ de 600 à 1700°C

(1) Dans l'absolu, sans tenir compte des conditions d'utilisation et de la réalisation mécanique du capteur.

Les principaux types normalisés (IEC 584-1)

Type	Constituants (1)	Code couleur (IEC 584-3)	Ancien code couleur (85)
T	Cu / Cu-Ni		
J	Fe / Cu-Ni		
E	Ni-Cr / Cu-Ni		
K	Ni-Cr / Ni-Al		
N	Ni-Cr-Si / Ni-Si-Mg		—
S	Pt-10%Rh / Pt		
B	Pt-30%Rh / Pt-6%Rh		
R	Pt-13%Rh / Pt		

(1) Le premier élément cité est toujours l'élément positif du thermocouple.



5.3. Comment sélectionner le type de sonde ?

Si vous utilisez déjà des sondes de température, par souci de simplicité et d'économie, choisissez le même type de sonde, à condition que son échelle soit compatible avec la température à mesurer. Sinon sélectionnez la sonde suivant la température à mesurer.

PT 100	-50 °C à +/- 600 °C
Thermocouple K	- 40°C à +/- 1 000 °C
Thermocouple J	- 40°C à +/- 750 °C

Une sonde de température est composée d'un élément sensible, d'une gaine de protection (doigt de gant), d'une connexion et d'un câble de connexion. Les principaux critères de sélection sont:

- la température d'utilisation,
- le diamètre du logement devant recevoir la sonde
- la distance séparant la sonde du régulateur.

Ces trois valeurs doivent nous permettre de sélectionner sans risque la sonde qui convient. Si la sonde doit être plongée dans un liquide, protégez-la par un doigt de gant. N'oubliez pas aussi d'adjoindre à chaque sonde un système de fixation si elle en est dépourvue.

Enfin les sondes dites "déformables" sont toujours très longues, pour les adapter à la longueur nécessaire il suffit de les enrouler en queue de cochon.

Le thermocouple qui nous intéresse est de marque *Vulcanic*. Ce thermocouple est de **type K**.

En utilisant les tables de références :

Table de référence internationale pour thermocouple de type K (Nickel-Chrome / Nickel-Aluminium)

Ces valeurs de F.E.M. sont données pour une jonction de référence à 0°C. Dans le cas où la température ambiante, donc celle de la jonction de référence, est différente, on peut calculer la température de la jonction de mesure, si on connaît la température de la jonction de référence :

$$E_0 = E_m + E_r$$

Exemple : La tension de sortie d'un thermocouple de code K contrôlant la température d'un four est $E_m = 6,693$ mV alors que la température ambiante est de 30°C. On recherche dans les tables la F.E.M. pour 30°C : $E_r = 1,203$ mV On calcule $E_0 = 6,693 + 1,203 = 7,896$ mV. Cette tension donne, dans les tables, la température de la jonction de mesure donc celle à l'intérieur du four: 194 °C.

En utilisant la constante de Seebeck

Il existe une deuxième possibilité pour déterminer la température en ayant la tension aux bornes du thermocouple. Cette méthode est plus simple. Si on trace la courbe $U = f(t)$ à l'aide de la table de référence internationale pour thermocouple de type K (ci dessus) nous obtenons la caractéristique suivante. Si nous idéalisons cette courbe en une droite on obtient un coefficient directeur puisque l'équation d'une droite passant par 0 est de la forme $U = a \cdot t + b = a \cdot t$ car $b = 0$ et a étant le coefficient directeur.

Ce coefficient directeur est appelé constante de Seebeck. Les deux courbes ont une grande similitude. Nous pouvons en déduire que :

$$a = 40 \mu\text{V}/^\circ\text{C} = \text{consta}$$

Des deux solutions la méthode avec la table de référence internationale pour thermocouple de type K est la plus précise.

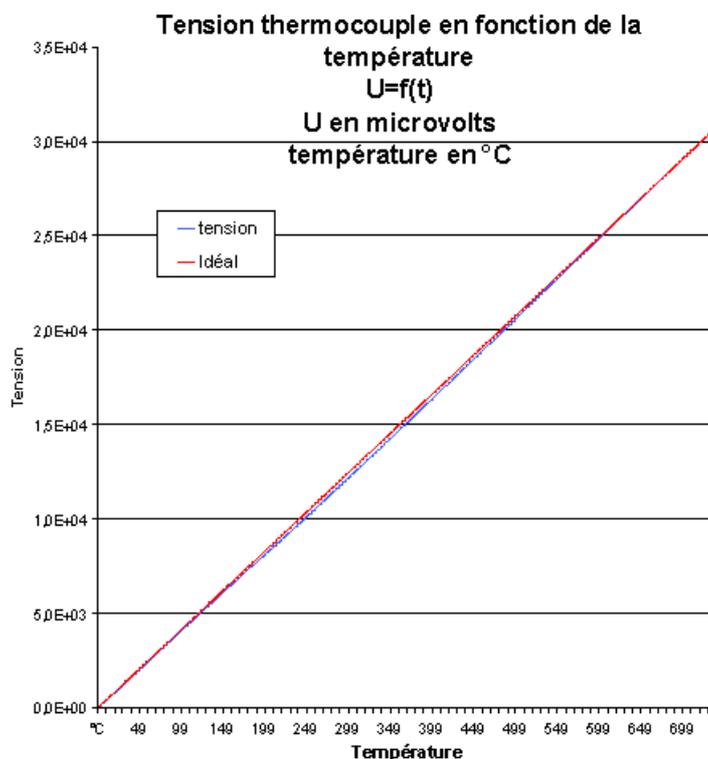
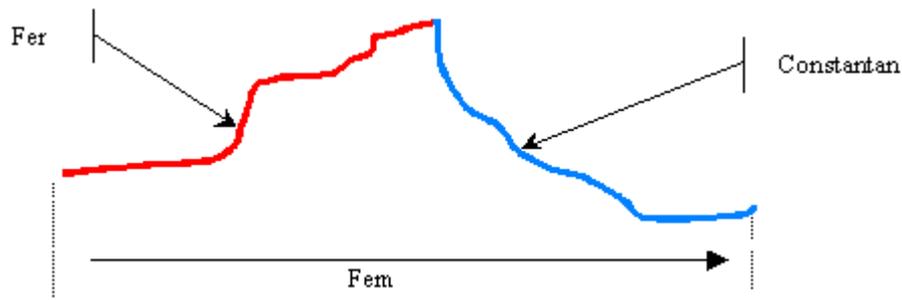


Table de référence thermocouple type K

Table des tensions de Thermocouple Type K (Chromel/Alumel)												
Tension thermoélectrique en millivolts avec jonction de référence à 0°C												
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
-270	-6,458											-270
-260	-6,441	-6,444	-6,446	-6,448	-6,450	-6,452	-6,453	-6,455	-6,456	-6,457	-6,458	-260
-250	-6,404	-6,408	-6,413	-6,417	-6,421	-6,425	-6,429	-6,432	-6,435	-6,438	-6,441	-250
-240	-6,344	-6,351	-6,358	-6,364	-6,371	-6,377	-6,382	-6,388	-6,394	-6,399	-6,404	-240
-230	-6,262	-6,271	-6,280	-6,289	-6,297	-6,306	-6,314	-6,322	-6,329	-6,337	-6,344	-230
-220	-6,158	-6,170	-6,181	-6,192	-6,202	-6,213	-6,223	-6,233	-6,243	-6,253	-6,262	-220
-210	-6,035	-6,048	-6,061	-6,074	-6,087	-6,099	-6,111	-6,123	-6,135	-6,147	-6,158	-210
-200	-5,891	-5,907	-5,922	-5,936	-5,951	-5,965	-5,980	-5,994	-6,007	-6,021	-6,035	-200
-190	-5,730	-5,747	-5,763	-5,780	-5,796	-5,813	-5,829	-5,845	-5,860	-5,876	-5,891	-190
-180	-5,550	-5,569	-5,587	-5,606	-5,624	-5,642	-5,660	-5,678	-5,695	-5,712	-5,730	-180
-170	-5,354	-5,374	-5,394	-5,414	-5,434	-5,454	-5,474	-5,493	-5,512	-5,531	-5,550	-170
-160	-5,141	-5,163	-5,185	-5,207	-5,228	-5,249	-5,271	-5,292	-5,313	-5,333	-5,354	-160
-150	-4,912	-4,936	-4,959	-4,983	-5,006	-5,029	-5,051	-5,074	-5,097	-5,119	-5,141	-150
-140	-4,669	-4,694	-4,719	-4,743	-4,768	-4,792	-4,817	-4,841	-4,865	-4,889	-4,912	-140
-130	-4,410	-4,437	-4,463	-4,489	-4,515	-4,541	-4,567	-4,593	-4,618	-4,644	-4,669	-130
-120	-4,138	-4,166	-4,193	-4,221	-4,248	-4,276	-4,303	-4,330	-4,357	-4,384	-4,410	-120
-110	-3,852	-3,881	-3,910	-3,939	-3,968	-3,997	-4,025	-4,053	-4,082	-4,110	-4,138	-110
-100	-3,553	-3,584	-3,614	-3,644	-3,674	-3,704	-3,734	-3,764	-3,793	-3,823	-3,852	-100
-90	-3,242	-3,274	-3,305	-3,337	-3,368	-3,399	-3,430	-3,461	-3,492	-3,523	-3,553	-90
-80	-2,920	-2,953	-2,985	-3,018	-3,050	-3,082	-3,115	-3,147	-3,179	-3,211	-3,242	-80
-70	-2,586	-2,620	-2,654	-2,687	-2,721	-2,754	-2,788	-2,821	-2,854	-2,887	-2,920	-70
-60	-2,243	-2,277	-2,312	-2,347	-2,381	-2,416	-2,450	-2,484	-2,518	-2,552	-2,586	-60
-50	-1,889	-1,925	-1,961	-1,996	-2,032	-2,067	-2,102	-2,137	-2,173	-2,208	-2,243	-50
-40	-1,527	-1,563	-1,600	-1,636	-1,673	-1,709	-1,745	-1,781	-1,817	-1,853	-1,889	-40
-30	-1,156	-1,193	-1,231	-1,268	-1,305	-1,342	-1,379	-1,416	-1,453	-1,490	-1,527	-30
-20	-0,777	-0,816	-0,854	-0,892	-0,930	-0,968	-1,005	-1,043	-1,081	-1,118	-1,156	-20
-10	-0,392	-0,431	-0,469	-0,508	-0,547	-0,585	-0,624	-0,662	-0,701	-0,739	-0,777	-10
0	0,000	-0,039	-0,079	-0,118	-0,157	-0,197	-0,236	-0,275	-0,314	-0,353	-0,392	0
0	0,000	0,039	0,079	0,119	0,158	0,199	0,238	0,277	0,317	0,357	0,397	0
10	0,397	0,437	0,477	0,517	0,557	0,597	0,637	0,677	0,718	0,758	0,798	10
20	0,798	0,838	0,879	0,919	0,960	1,000	1,041	1,081	1,122	1,162	1,203	20
30	1,203	1,244	1,285	1,325	1,366	1,407	1,448	1,489	1,529	1,570	1,611	30
40	1,611	1,652	1,693	1,734	1,776	1,817	1,858	1,899	1,940	1,981	2,022	40
50	2,022	2,064	2,105	2,146	2,188	2,229	2,270	2,312	2,353	2,394	2,436	50
60	2,436	2,477	2,519	2,560	2,601	2,643	2,684	2,726	2,767	2,809	2,850	60
70	2,850	2,892	2,933	2,975	3,016	3,058	3,100	3,141	3,183	3,224	3,266	70
80	3,266	3,307	3,349	3,390	3,432	3,473	3,515	3,556	3,598	3,639	3,681	80
90	3,681	3,722	3,764	3,805	3,847	3,888	3,930	3,971	4,012	4,054	4,095	90
100	4,095	4,137	4,178	4,219	4,261	4,302	4,343	4,384	4,426	4,467	4,508	100
110	4,508	4,549	4,590	4,632	4,673	4,714	4,755	4,796	4,837	4,878	4,919	110
120	4,919	4,960	5,001	5,042	5,083	5,124	5,164	5,205	5,246	5,287	5,327	120
130	5,327	5,368	5,409	5,450	5,490	5,531	5,571	5,612	5,652	5,693	5,733	130
140	5,733	5,774	5,814	5,855	5,895	5,936	5,976	6,016	6,057	6,097	6,137	140
150	6,137	6,177	6,218	6,258	6,298	6,338	6,378	6,419	6,459	6,499	6,539	150
160	6,539	6,579	6,619	6,659	6,699	6,739	6,779	6,819	6,859	6,899	6,939	160
170	6,939	6,979	7,019	7,059	7,099	7,139	7,179	7,219	7,259	7,299	7,338	170
180	7,338	7,378	7,418	7,458	7,498	7,538	7,578	7,618	7,658	7,697	7,737	180
190	7,737	7,777	7,817	7,857	7,897	7,937	7,977	8,017	8,057	8,097	8,137	190
200	8,137	8,177	8,216	8,256	8,296	8,336	8,376	8,416	8,456	8,497	8,537	200
210	8,537	8,577	8,617	8,657	8,697	8,737	8,777	8,817	8,857	8,898	8,938	210
220	8,938	8,978	9,018	9,058	9,099	9,139	9,179	9,220	9,260	9,300	9,341	220
230	9,341	9,381	9,421	9,462	9,502	9,543	9,583	9,624	9,664	9,705	9,745	230
240	9,745	9,786	9,826	9,867	9,907	9,948	9,989	10,029	10,070	10,111	10,151	240
250	10,151	10,192	10,233	10,274	10,315	10,355	10,396	10,437	10,478	10,519	10,560	250
260	10,560	10,600	10,641	10,682	10,723	10,764	10,805	10,846	10,887	10,928	10,969	260
270	10,969	11,010	11,051	11,093	11,134	11,175	11,216	11,257	11,298	11,339	11,381	270
280	11,381	11,422	11,463	11,504	11,546	11,587	11,628	11,669	11,711	11,752	11,793	280

5.4. Exemple de thermocouple type J



Sonde thermocouple type J

Prosensor



- Sonde thermocouple type J à baïonnette pour l'industrie plastique.
- Soudure chaude à la masse.
- Baïonnette 15 x 17 mm et gaine de protection d'un diamètre de 8 mm en laiton nickelé.
- Réglage possible de la baïonnette de 30 à 180 mm.

Spécifications techniques

Température maximale d'utilisation: +400°C
 Câble de raccordement: soie de verre/tresse inox
 Longueur du câble: 2 m

5.5. Résistances détectrices de température (RTD)

Elles sont constituées d'un métal (Platine) dont la résistance varie linéairement avec la température. Les plus répandues sont les "PT100" dont le coefficient est 0,385 et la résistance nominale 100 Ω à 0°C. Les températures peuvent être comprises entre -250°C et +850°C.

Quelle est la valeur d'une Pt100 à 100°C ? $R = R_0 + a.T = 100 + 0,385 \cdot 100 = 138,5 \Omega$

Sondes Pt 100 avec câble de raccordement

Prosensor



- Sondes Pt 100 en céramique DIN IEC 751 Classe B, en montage 3 fils.
- Gaine de protection en acier inox 316L.
- Câble PTFE-silicone.
- Sortie protégée par ressort de courbure.

Spécifications techniques

Température d'utilisation: -50°C à $+200^{\circ}\text{C}$

Tolérance: $\pm(0,3 + 0,005 T)^{\circ}\text{C}$

Diamètre de la gaine: 6 mm

Longueur de câble: 3 m

Longueur utile : 100 mm

5.6. Thermistances

Elles sont constituées de matériaux dont la résistance varie de façon non linéaire avec la température. Elles ont des valeurs de résistance relativement élevées (2,2k Ω , 5k Ω , 10k Ω). Elles sont surtout adaptées aux mesures de très petites variations de température.

Thermistances CTP - séries 660

BC Components (Philips Composants)



- Les CTP sont des résistances semiconductrices dont la résistance, à dissipation nulle, augmente avec la température dans une plage déterminée.
- La variation de température est obtenue soit par effet joule soit par variation de température ambiante, ou par la combinaison de ces deux moyens.
- Domaines d'application: stabilisation du courant, protection, senseur.

Spécifications techniques

Tolérance: $\pm 20\%$

réf. BC Components	R (Ω) à 25 $^{\circ}\text{C}$	I (mA) à 25 $^{\circ}\text{C}$ basculement	tension max. (V)
660-54792	240	70	145
660-53993	260	59	265
660-52893	500	42	265
660-51593	1900	23	265

5.7. Familles de thermocouples

Les éléments chauffants utilisés dans les fours industriels sont classés en quatre principales familles :

Famille	Matériaux	Température limite	Observations
Fer-Nickel-Chrome	Fe-20%Ni-25%Cr	900°C	Livrés sous forme de fil ou ruban. Les fils sont généralement boudinés ou pliés en ondes Peu de variation de la résistivité en fonction de la température. Très utilisés à cause de leur faible prix. Atmosphère d'utilisation : oxydante.
	Fe-45%Ni-23%Cr	1050°C	
	Fe-65%Ni-15%Cr	1100°C	
	Fe-70%Ni-30%Cr Fe-80%Ni-20%Cr	1150 à 1200°C 1150 à 1200°C	
Fer-Chrome-Aluminium	Fe-22%Cr-5%Al	1350°C	Livrés sous forme de fil ou ruban. Utilisés à cause de leur prix équivalent au Fe-Ni-Cr mais pour une température plus élevée. Faible variation de la résistivité en fonction de la température. Attention : fragilisation après le premier chauffage. Atmosphère d'utilisation : oxydante.
Résistances non-métalliques	SiC (carbure de silicium)	1600°C	Livrés sous forme de barreaux chauffants. La résistivité de ce matériau varie fortement avec la température et le vieillissement. Atmosphère d'utilisation : oxydante ou réductrice.
	MoSi ₂ (bisiliciure de molybdène)	1700 à 1800°C	Livrés sous forme d'épingle. Très forte variation de la résistivité en fonction de la température. Fragile en dessous de 800°C. Atmosphère d'utilisation : oxydante.
(Cermet et céramiques)	Cr ₂ O ₃ La ₂ O ₃ (chromite de lantane)	1800 à 1900°C	Livrés sous forme de barreaux chauffants. Fragilité mécanique et aux chocs thermiques. Atmosphère d'utilisation : oxydante.
Métaux nobles	Graphite	2500°C	Livrés sous forme de barreaux chauffants. Coût peu élevé. Fonctionne uniquement en atmosphère neutre, réductrice ou sous vide.
	Tantale	2000°C	Livrés sous forme de fil ou de plaquettes (écrans thermiques).
	Molybdène Tungstène	2300°C 2500°C	Forte variation de résistivité. Fonctionne en atmosphère neutre, réductrice ou sous vide. Coût très élevé.

6. APPLICATION : BAIN REGULE EN TEMPERATURE

Celui-ci est constitué du réservoir en acier inoxydable contenant 26 litres d'eau. Le chauffage de la masse d'eau est assuré par un thermoplongeur de 3 kW alimenté en 230 V / 50 Hz.

Analyse descendante

W: Réseaux EDF monophasé 220V

C: *gradipak

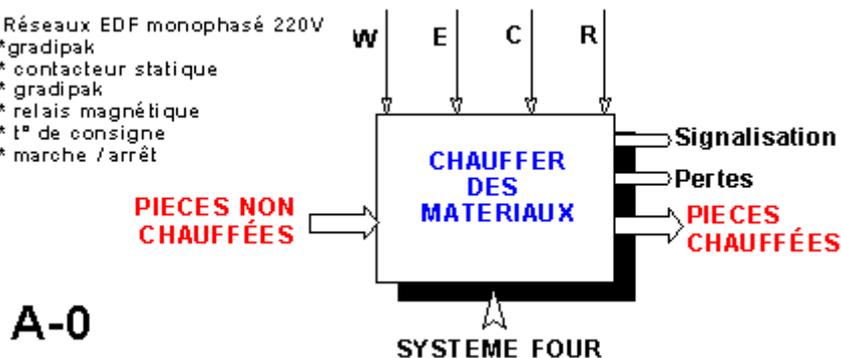
* contacteur statique

R: * gradipak

* relais magnétique

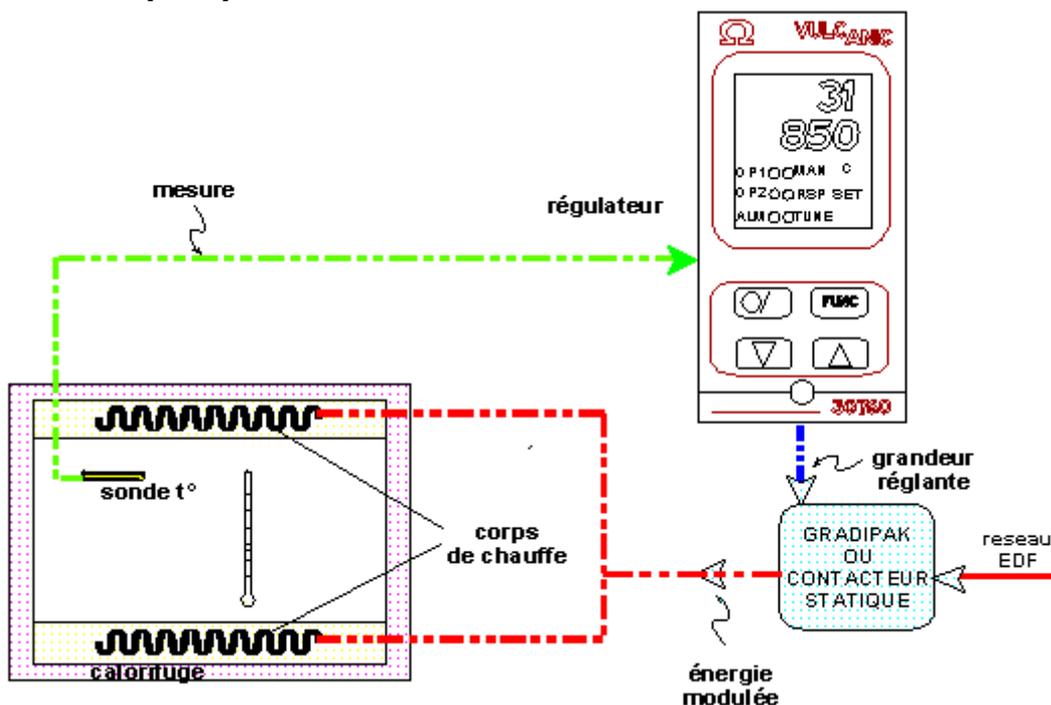
* t° de consigne

E: * marche / arrêt



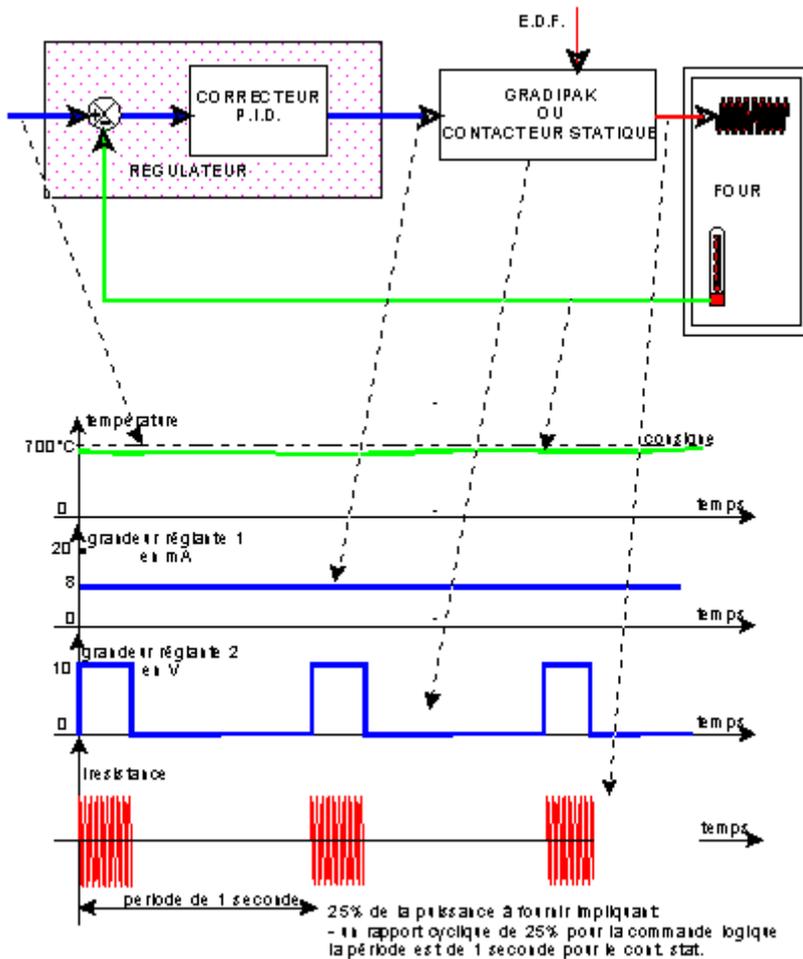
A-0

Schéma de principe

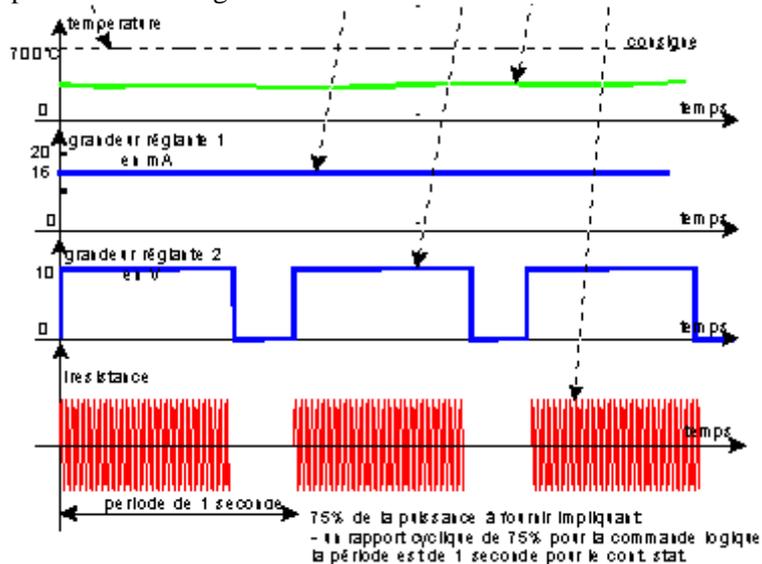


Chronogrammes

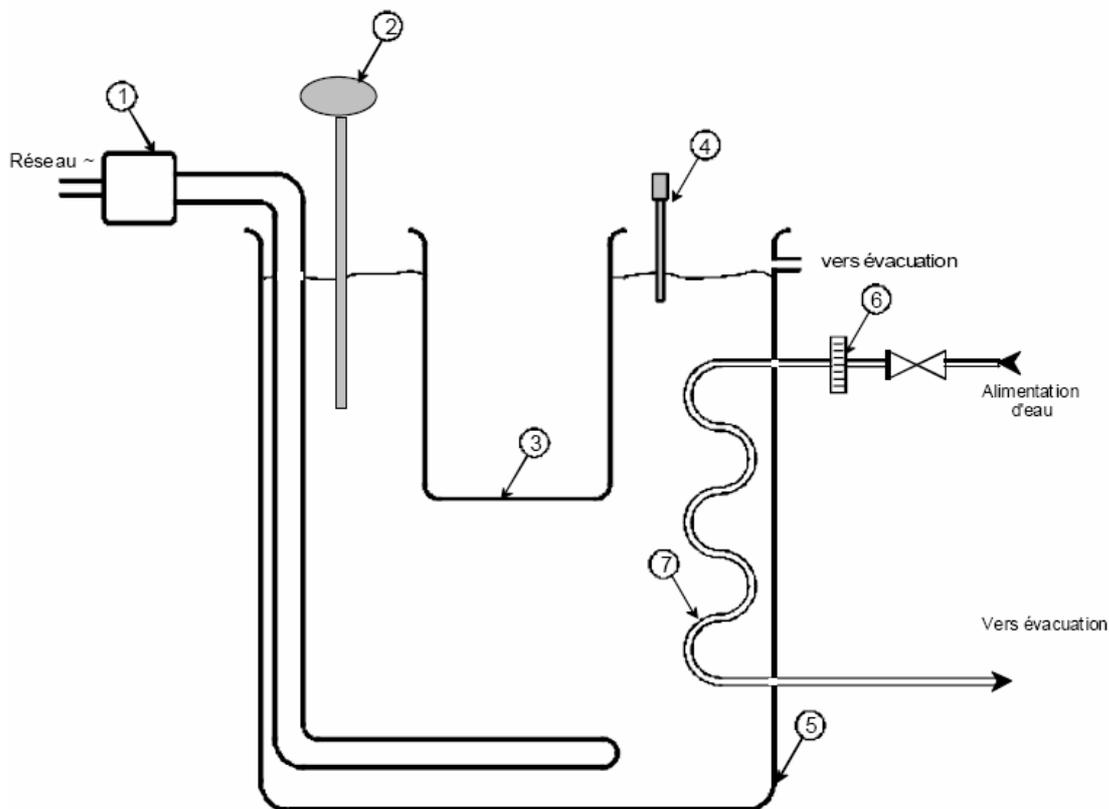
Pour une puissance de 25% quand la température dans le bac a quasiment atteint la température de consigne.



Pour une puissance de 75% quand la température dans le bac est nettement en dessous de la température de consigne.



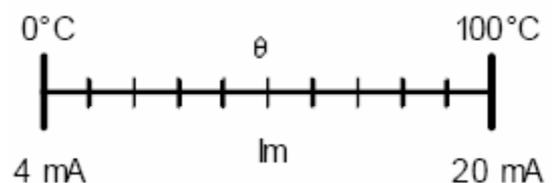
6.1. Schéma du système



- | | |
|------------------------------------|-------------------------------|
| 1 : Thermoplongeur | 5 : Bac principal |
| 2 : Sonde Pt100 | 6 : Débitmètre |
| 3 : Bol auxiliaire de perturbation | 7 : Serpentin de perturbation |
| 4 : Sonde de niveau minimum | |

6.2. Circuit de mesure de température

La mesure de la température de ce bain est assurée par une sonde de température à résistance platine (100 à 0°C), associée à un transmetteur de mesure à sortie courant (convertisseur R/i). Ce transmetteur doit être étalonné selon l'échelle ci-contre :



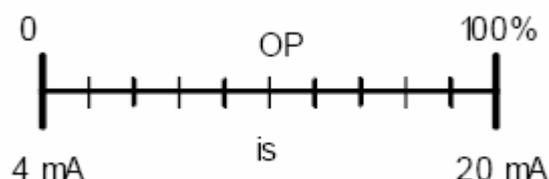
Ce transmetteur alimenté en 24 V = par une alimentation autonome, possède une entrée 3 fils sur laquelle se connecte la sonde de mesure. Il fournit un courant, image de la température du bain, qui circule dans la boucle de mesure du régulateur Vulcanic 30760. Le régulateur assure le contrôle de la température du bain principal. La résistance étalon, d'une valeur de 250Ω, insérée dans la boucle de courant I_m , permet d'obtenir un signal tension, image de la température mesurée (1 V correspond à 0 °C et 5 V correspond à 100 °C).

Cette tension, peut être envoyée sur l'une des entrées d'un enregistreur analogique afin d'obtenir un graphe sur papier.

6.3. Contrôle de la puissance de chauffage.

Le contrôle est assuré par le régulateur qui commande un contacteur statique monophasé à thyristors par l'intermédiaire d'un convertisseur de signal. Selon l'amplitude du signal de commande délivré par le régulateur, le relais statique, fonctionnant en train d'ondes entières, avec commutation au passage par 0 de la tension secteur, fournit un rapport cyclique différent. Le rapport cyclique du train d'ondes sinusoïdales délivré par le gradateur au thermoplongeur est donc directement lié au courant de sortie du régulateur. La période du cycle du signal de sortie est d'une seconde. Le déclenchement du relais statique est assuré par un signal tension qui rend nécessaire une fonction de conversion i/u permettant d'adapter le signal de sortie du régulateur

(4 - 20 mA) à l'entrée de commande (0 / 5-30 V) du relais à thyristors. La puissance du chauffage et le signal de sortie du régulateur sont liés par l'échelle de correspondance ci-contre : Avec OP : valeur en % de la puissance de chauffe (100 % = 3 kW) et is : courant de sortie du régulateur en mA.



Equipements complémentaires : les vannes

manuelles V3 et V1 assurent respectivement le remplissage et la vidange du réservoir principal. Un tube de trop-plein évite le débordement. Un détecteur de niveau bas, à sonde résistive, coupe l'alimentation du circuit de chauffage en cas de manque d'eau. Un thermostat de sécurité, à tension de vapeur, désactive le chauffage si la température dépasse la valeur réglée.

Réservoir auxiliaire de perturbation

Ce réservoir peut être rempli au moyen d'un récipient gradué, et vidangé grâce à la vanne V2. L'eau introduite ou extraite de ce réservoir, est source de perturbation pour la boucle de régulation de température du bain principal. L'évolution de la température de l'eau du bain auxiliaire peut être suivie grâce à un capteur de type Pt 100, associé à un indicateur numérique disposant d'une sortie de recopie de mesure. Cette chaîne de mesure est conforme au schéma ci-dessous



La tension V_m est disponible sur la sortie de recopie de mesure de l'instrument.

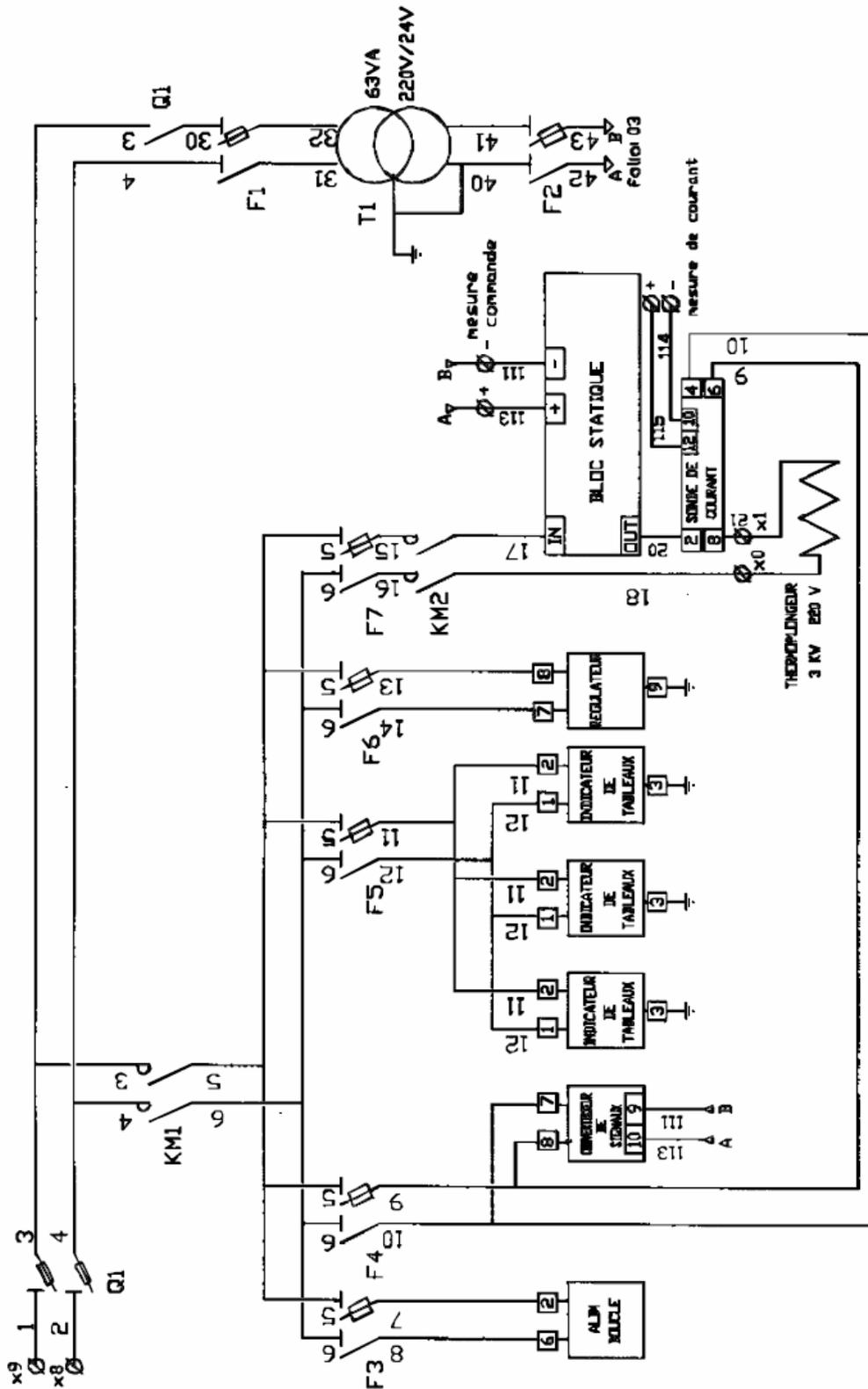
Echangeur de chaleur à serpentins de cuivre

Une circulation d'eau peut être entretenue dans cet échangeur. Le débit est réglable par la vanne pointeau FV 20 dans la plage 0 à 46 l/h. Les températures de l'eau en entrée et en sortie de l'échangeur sont mesurées par des capteurs à résistance Pt 100, connectés à des indicateurs numériques. L'enregistrement des températures est possible grâce aux sorties de recopie des indicateurs. La puissance utile de l'échangeur est de l'ordre de 1 kW dans les conditions de fonctionnement suivantes :

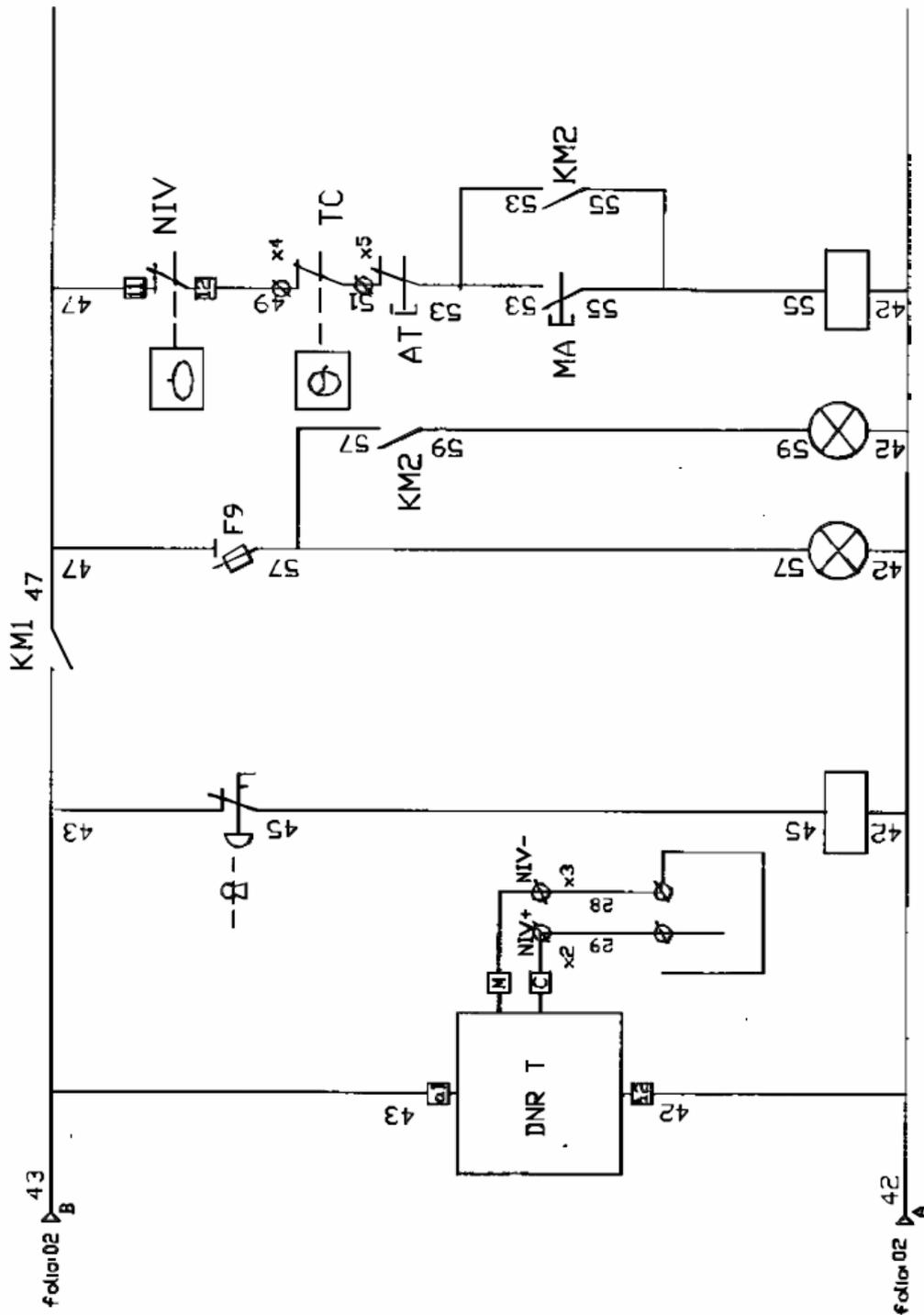
- Températures du bain principal : 50°C
- Température de l'eau en entrée : 20°C
- Débit volumique : 35 l/h

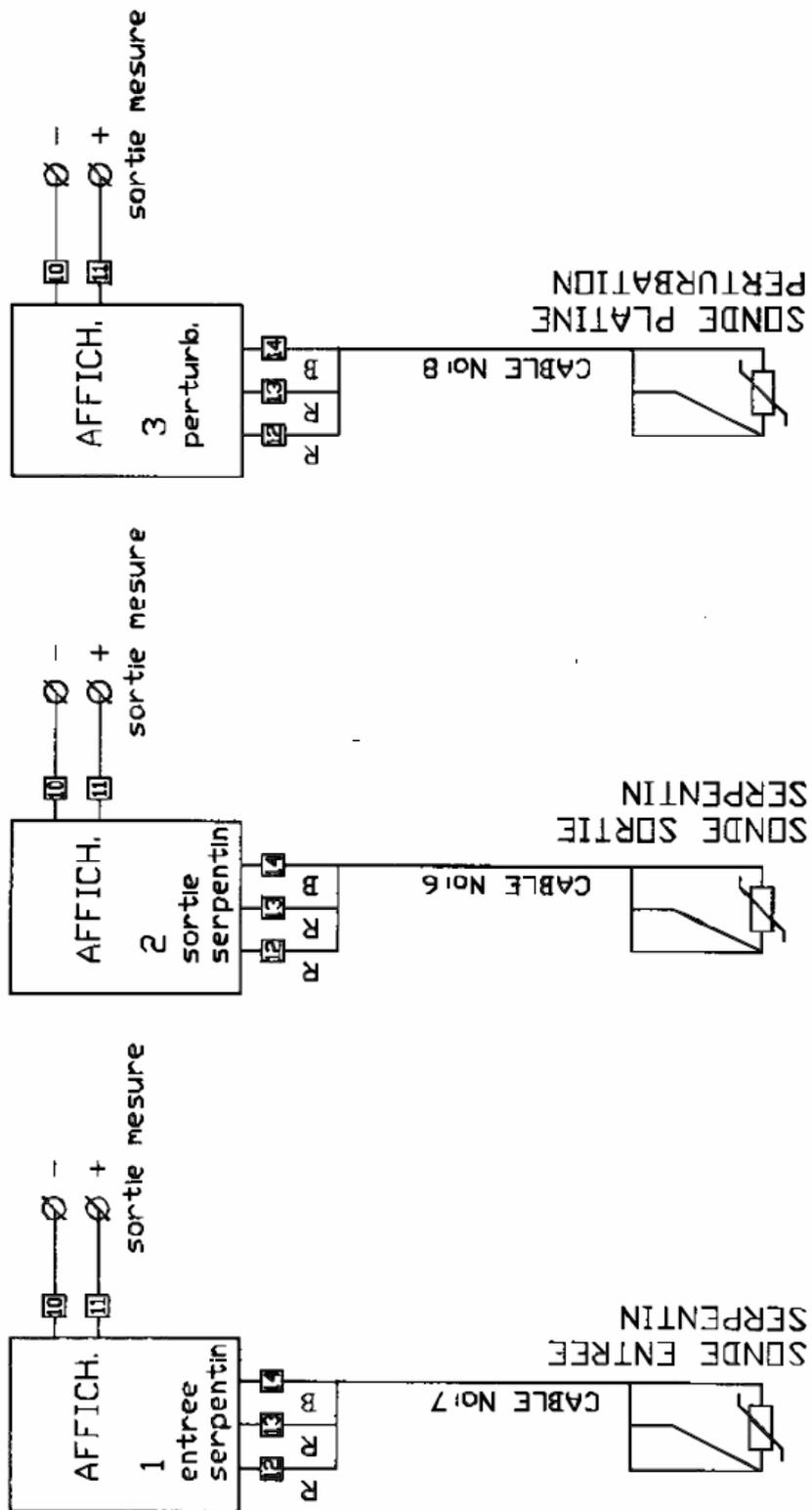
L'échangeur permet donc de créer des pertes thermiques réglables permettant d'analyser dans des conditions variées le comportement de la boucle de régulation principale.

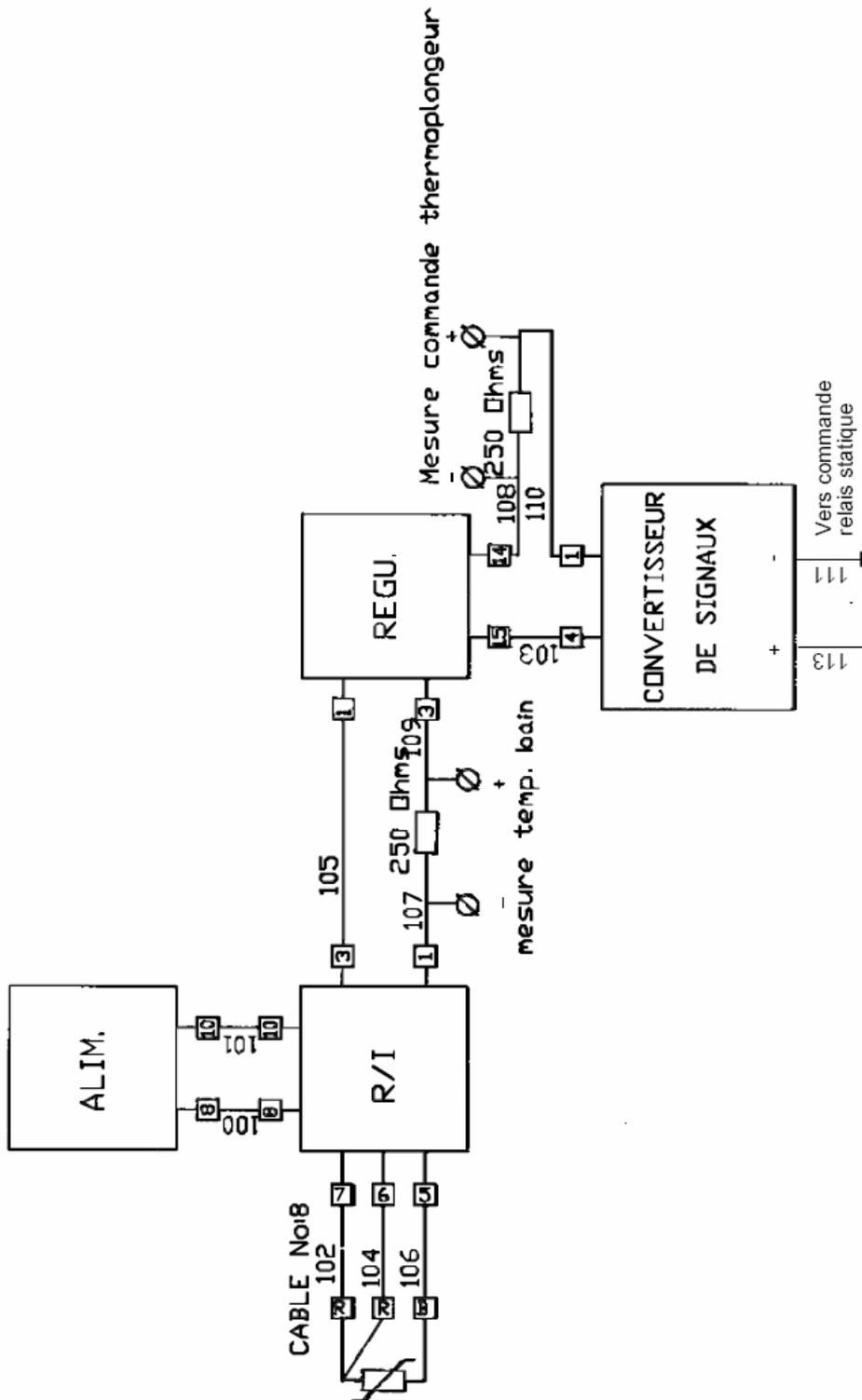
6.4. Schéma de puissance



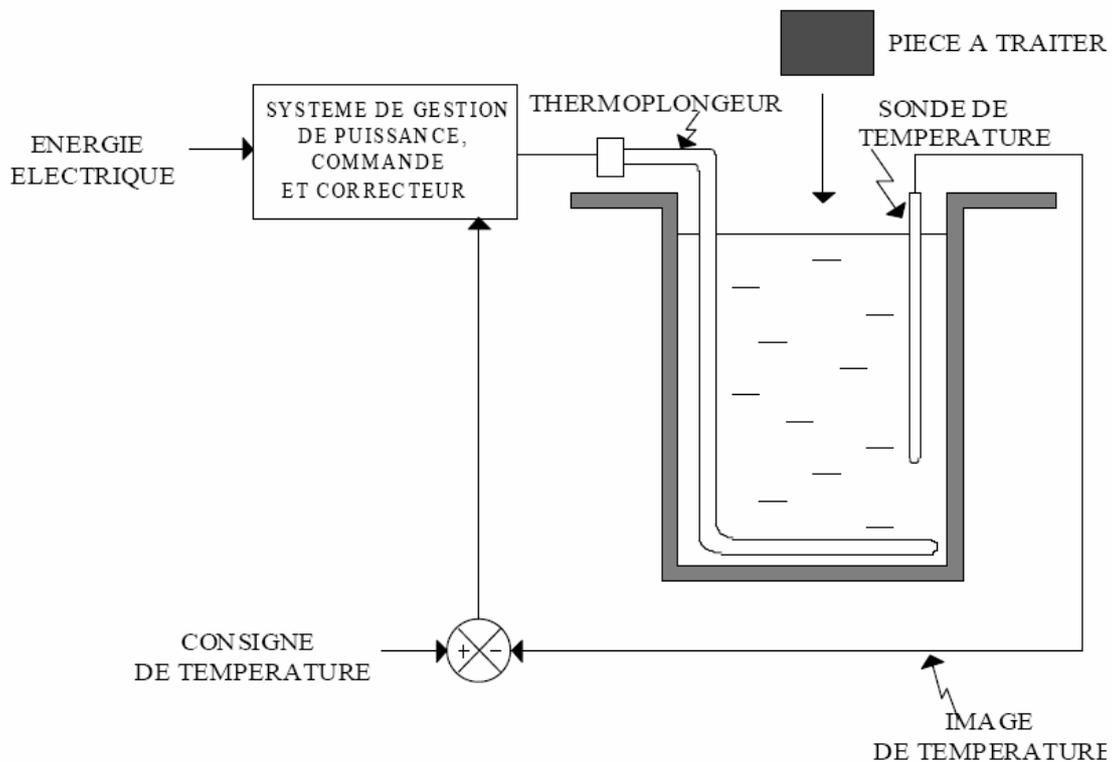
6.5. Schémas de commande







6.6. Système de régulation de température



Calcul simplifié de la puissance nécessaire à la montée en température :

P puissance en W,

m masse de liquide dans la cuve ou le réservoir en kg,

c chaleur massique du liquide en J/kg.K

θ_f température finale du liquide en °C

θ_i température initiale du liquide en °C

t_m temps de montée en température en secondes

D déperditions thermiques par les parois et la surface à la température finale θ_f exprimées en W.

$$P = \frac{m \cdot c \cdot (\theta_f - \theta_i)}{t_m} + 0,8 D$$

Evolution de la température du liquide au cours de la montée en température :

$$\text{avec : } \tau = \frac{m \cdot c}{K \cdot S} \text{ et } K \cdot S = \frac{1}{R_{th}}$$

$$\theta = \theta_a + R_{th} \cdot P \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

Chaleurs massiques :

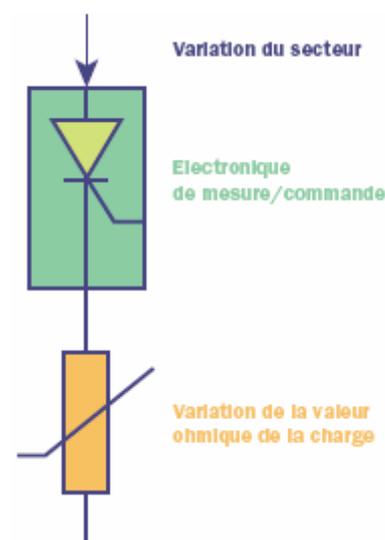
- eau c = 4185 J/kg.K

- acier c = 465 J/kg.K

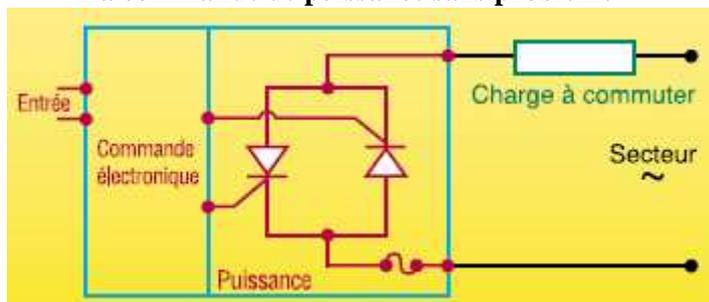
7. CHOISIR UNE COMMANDE A THYRISTORS

Principe d'un relais statique à thyristors

Un thyristor est assimilable à une diode de forte puissance qui laisse passer le courant lorsqu'elle reçoit un signal de commande sur une 3^e électrode, la "gâchette". Pour commuter un courant alternatif, on monte donc deux thyristors antiparallèles. La charge mise en série avec ces thyristors est commandée, en agissant sur le signal de gâchette. Cette commande est effectuée par des circuits électroniques, qui pilotent la gâchette en fonction d'un signal de consigne généralement issu d'un régulateur. Le régulateur de puissance mesure en permanence la valeur du secteur et le courant dans la charge. Il peut à chaque instant en déduire la valeur ohmique de cette charge. Grâce à la lecture permanente des grandeurs électriques, il réglera le paramètre que vous avez choisi : courant, tension ou puissance.



La commande de puissance sans problème



Généralement pilotés par des boucles de régulation, les relais et régulateurs statiques à thyristors assurent la commutation des fortes puissances nécessaires aux process industriels. Ils y remplacent avantageusement les contacteurs de puissance. En effet, leur principe de fonctionnement statique permet de s'affranchir des problèmes d'usure des contacts, rencontrés avec les

systèmes électromécaniques. Les commandes à thyristors offrent ainsi une longévité bien supérieure, pour des cadences de commutation très rapides, sur des charges résistives ou inductives de forte valeur, en monophasé ou triphasé, avec une excellente précision. Sur les modèles haut de gamme, des fonctions évoluées de limitation, de régulation, de surveillance de charge et d'auto-surveillance ajoutent encore à la fiabilité des installations équipées de ces dispositifs.



Dans la chaîne de température, le capteur renseigne le régulateur sur la température du process. Le régulateur, selon la différence mesurée par rapport à la consigne, envoie l'ordre de corriger cet écart : remettre un coup de chauffe, par exemple, dans le cas d'un four. Cet ordre s'adresse à ce que nous appellerons l'organe de commande de puissance. Il s'agit de modules électroniques à thyristors, permettant la conduction totale (relais statique) ou partielle (gradateurs) du courant dans la charge, c'est-à-dire les résistances du four dans notre exemple. Mais la charge peut également être selfique : c'est le cas lorsque l'on fait du chauffage par induction (bains d'aluminium,...) ou lorsque l'on passe par un transformateur (résistances commandées en basse tension, soudure à l'arc,...). C'est donc en fonction de la charge à piloter et de son environnement que nous pourrions choisir ensemble, dans le catalogue du Pôle Equipement Thermique, la commande de puissance qui convient le mieux à votre situation.

1. La charge est-elle ohmique, selfique ou les deux à la fois ?

- Charge ohmique.

La valeur ohmique de la charge est-elle constante en fonction de la température ? C'est le fameux coefficient Rchaud / Rfroid. Il dépend des matériaux dans lesquels sont réalisés les résistances de chauffe (cf. tableau 1). Si le coefficient est de " 1 ", cas le plus facile, nous pouvons vous proposer un produit simple. Dans le cas contraire, et selon les fourchettes de valeurs, nous vous proposerons des fonctions évoluées de limitation d'intensité ou des algorithmes spéciaux.

- Charge selfique.

Connaissez-vous l'induction, exprimée en Tesla (1 T = 10000 gauss), de votre transformateur ou charge inductive ? Cette valeur nous sera précieuse pour vous proposer le produit le mieux adapté.

2. Quelles sont les caractéristiques de votre réseau électrique ?

L'alimentation est-elle monophasée ou triphasée ? Quelle est sa tension nominale ? Les tensions les plus communes sont 230 V et 400 V. Dans l'industrie, nous pouvons aussi trouver 500 V et jusqu'à 690 V.

3. Quel est le mode de fonctionnement que vous souhaiteriez ?

- Tout Ou Rien.

La charge n'est alimentée que lorsqu'une tension est appliquée sur l'entrée de commande. Enclenchement et déclenchement se font au zéro de tension. Ce mode est adapté aux installations les plus simples, possédant une certaine inertie, et lorsqu'une légère oscillation est admissible de part et d'autre de la consigne. Les thyristors conduisent jusqu'à atteindre cette valeur, la conduction reprendra lorsque l'écart sera suffisant.

- Train d'onde syncope (TAKT).

On agit sur la puissance moyenne appliquée à la charge en supprimant un nombre entier d'alternances de la sinusoïde de tension d'alimentation. Ce mode de commande sera proposé pour la majeure partie des applications. La tension n'est appliquée à la charge qu'au moment du passage par zéro de la sinusoïde.

- Angle de phase (VAR).

Ici, on contrôle la puissance moyenne appliquée en tronquant chaque alternance de la sinusoïde selon un angle précis, variable en fonction de la demande. Ce mode de fonctionnement sera proposé pour des charges selfiques (bobine, transformateur...). La commande par angle de phase peut être aussi proposée pour une régulation très fine, car une tension est toujours appliquée à la charge. L'inconvénient majeur de ce mode est de générer des perturbations sur le réseau électrique (harmoniques).

- Mode mixte (SSSD = Soft Start Soft Down).

Ce mode combine les deux modes précédents. C'est-à-dire un démarrage en angle de phase et un maintien en train d'ondes. Le temps du démarrage sera paramétrable de 10 ms (soit une demi alternance) jusqu'à plusieurs centaines de millisecondes. Ce mode constitue une bonne alternative au précédent, il ne génère des perturbations qu'au moment de la phase de démarrage. L'algorithme MOSI améliore encore les performances de ce mode, pour les charges possédant un fort coefficient Rc/Rf, comme les résistances en disiliciure de molybdène. A froid, la résistance est commandée en angle de phase, puis en train d'ondes lorsque la résistivité a diminué. Cette gestion du mode mixte est totalement transparente pour l'utilisateur.

4. Quel est votre type de montage ? Quelle est la puissance globale nécessaire pour alimenter vos charges ?

Il existe deux types de montage : triangle et étoile, ce dernier avec ou sans présence du neutre. La connaissance du type de montage et de sa puissance nominale nous permettra de calculer le

courant traversant les thyristors et de dimensionner correctement le produit. En triphasé, par exemple, on pourra proposer un produit “coupure de deux phases”. C’est une alternative meilleur marché qu’un produit “coupure de trois phases”. Mais nous ne pourrons jamais proposer ce type de produit dans les cas suivants :

- Présence de neutre dans un montage étoile, car il y aura alors toujours un courant circulant dans la charge.
- Fonctionnement en angle de phase, car la 3ème phase ne peut alors pas être contrôlée.

5. Quelles sont les fonctions évoluées nécessaires à votre application ?

Les commandes de puissance à thyristors intègrent de nombreuses fonctionnalités concourant à la surveillance et à la sécurité de toute l’installation. Ces fonctions deviendront rapidement indispensables à la stabilité et à la longévité de votre process :

- Surveillance de charge : en cas de rupture d’une ou plusieurs charges, le régulateur de puissance détecte l’anomalie et le signale au process par l’intermédiaire d’un contact de relais.
- Limitations d’intensité : pour limiter par exemple une surintensité à la mise en route de l’installation ou une pointe de courant dans des charges inductives.
- Limitations de tension : préconisées en mode “angle de phase” et lorsque l’on veut limiter la tension à une valeur fixée.
- Limitations de puissance : combinent les deux limitations ci-dessus.
- Recopie mesure : pour tracer ou indiquer en temps réel via un indicateur, un enregistreur ou un réseau numérique, les valeurs de tension, de courant ou de puissance
- Synchronisation : dans le cas d’une installation à plusieurs zones fonctionnant en “train d’ondes”, la synchronisation donne la possibilité d’empêcher les blocs d’enclencher au même instant. D’où une moindre sollicitation de l’installation de distribution de l’énergie.
- Communication : pour relier directement à un système central qui permettra de superviser en un lieu unique (salle de contrôle) la commande de vos organes de chauffe.

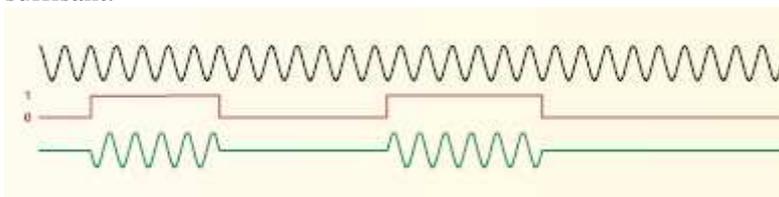
Pour finir, les fonctions de régulation appelés auparavant “blocs de puissance” ou “gradateurs de puissance”, ces produits ont évolué et des fonctions de régulation sont apparues, avec le besoin légitime d’améliorer sans cesse la précision de la boucle de régulation. Le nom qui s’impose actuellement est “régulateur de puissance”. Tout simplement parce que ce type de produits régule les paramètres électriques, comme la valeur du courant, la valeur de la tension ou la puissance. Toutes les variations d’amplitude du secteur ou les variations ohmiques des charges (par chauffage ou par vieillissement) sont ainsi automatiquement compensées. Aujourd’hui, ils ont réellement une fonction de régulation de la puissance appliquée et viennent en complément de la régulation de température.

7.1. Les différents modes de fonctionnement

Plusieurs modes de fonctionnement et leurs variantes existent, mais tous sont basés sur les principes suivants :

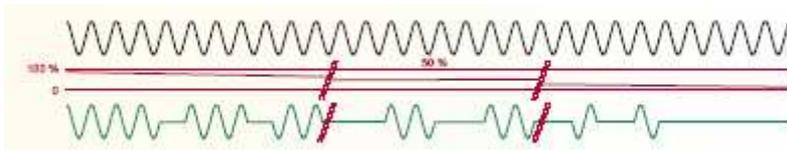
Par train d'ondes ou mode Tout ou Rien

Les thyristors conduisent quand une tension est appliquée sur l'entrée commande. Sans tension de commande, les thyristors sont bloqués. Enclenchement et déclenchement se font au zéro de tension. Ce mode est adapté aux installations les plus simples, possédant une certaine inertie, et lorsque qu'une légère oscillation est admissible de part et d'autre de la valeur désirée. Les thyristors conduisent jusqu'à atteindre cette valeur. La conduction reprendra lorsque l'écart sera suffisant.



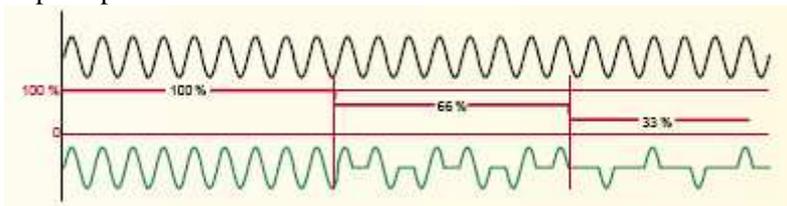
Par train d'ondes syncopé ou mode TAKT

Consiste à commuter des paquets d'alternances du secteur, selon un temps de cycle de base défini par l'utilisateur. Ce mode permet de moduler finement la puissance en fonction de la demande.



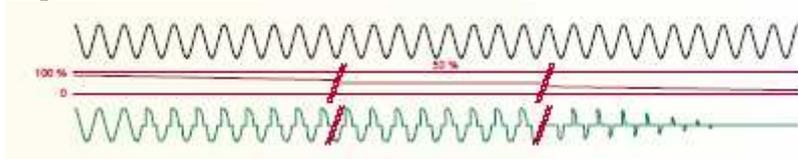
Par train d'ondes syncopé rapide ou mode QTM

Ce mode se rapproche très fortement du mode angle de phase avec quelques avantages supplémentaires : commutation au zéro de tension et pas de composante continue. Ce nouveau mode breveté consiste à commuter des demi-alternances de 10 ms et ceci sur toute la plage de consigne de 0 à 100 %. En conséquence, la température de l'élément de chauffe est donc plus constante. Pour les applications en infrarouge, le scintillement des lampes infrarouges devient imperceptible à l'œil.



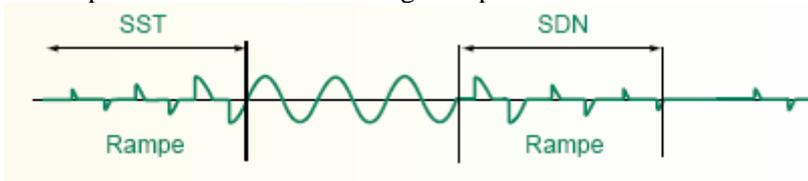
Par angle de phase ou mode VAR

Découpe chaque "alternance secteur", transmise à la charge, d'un angle proportionnel à la demande de puissance. Ce mode est bien adapté à la commande de charges composées de transformateurs ou de résistances chauffantes présentant un $R_{\text{chaud}} / R_{\text{froid}} \neq 1$. Il permet en effet un démarrage en douceur, par ouverture progressive de l'angle de conduction, limitant ainsi l'appel de puissance lors de la mise en service de l'installation.



En mixte ou mode SSSD

Ce mode est une combinaison du fonctionnement par train d'ondes et par angle de phase. Il constitue une amélioration du mode train d'ondes, car il fonctionne en angle de phase, à l'enclenchement (SST) ainsi qu'au déclenchement (SDN). Il limite les perturbations sur le réseau pour la commande de charges importantes.



7.2. Documents « Chauvin Arnoux »

Relais statiques

- ➔ Disponibles sur stock
- ➔ Montage rail DIN ou fond d'armoire
- ➔ Commande directe par nos régulateurs STATOP

2 modèles

Homologation
UL/CSA

	THYRITOP 1	THYRITOP 20
Gammas d'intensité	25 A, 45 A	8 A, 16 A, 30 A, 45 A, 60 A, 100 A, 130 A, 170 A, 280 A
Gammas de tension	Monophasé 48 V à 660 V	Monophasé 230 V, 400 V, 500 V
Charge	Résistance constante	Résistance constante
Fonctionnement	Tout-ou-Rien	Tout-ou-Rien
Commande	Tension logique continue	Tension logique continue ou contact sec
Fusible de puissance	-	Inclus
Sortie alarme	-	En option : relais
Détection de rupture de charge	-	En option : voyant "Load Fault" et relais
Communication	-	En option : modules Profibus ou Modbus

Relais statiques

THYRITOP 1

- ➔ Economiques
- ➔ Disponibles sur stock
- ➔ Montage rail DIN ou fond d'armoire
- ➔ Commande directe par nos régulateurs STATOP

Description

Le THYRITOP 1 est un relais statique de puissance, monophasé avec commande électronique pour charges résistives, $R_{chaud} / R_{froid} = 1$.

D'un très faible encombrement, il bénéficie d'une mise en œuvre particulièrement simple au montage, rail DIN ou fond d'armoire, et au raccordement sur bornes à vis.

Il permet une commande très rapide de la charge en Tout-ou-Rien.

Applications

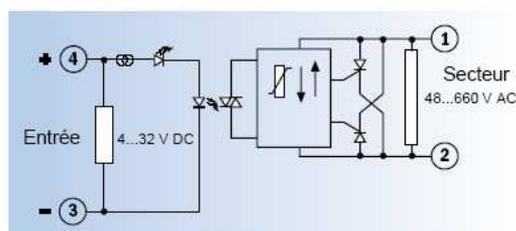
- ▶ Fours et procédés pour les industries du verre
- ▶ Équipements de chimie et pétrochimie
- ▶ Tunnel de rétraction, peinture, thermoformage, séchage, congélation
- ▶ Presses à injecter, à thermoformer
- ▶ Extrudeuses industrielles, alimentaires
- ▶ Réchauffeurs de moules, conduites...
- ▶ Étuves, enceintes climatiques, autoclaves
- ▶ Séchoirs industriels, agricoles

Fonctionnement en Tout-ou-Rien

Si une tension est appliquée sur l'entrée, le circuit électronique commande les deux thyristors anti-parallèle, selon le principe du train d'onde, ce qui signifie que ce relais statique enclenche et déclenche au zéro de tension.

S'il n'y a pas de signal de commande, les thyristors sont bloqués.

Raccordement sur bornes à vis



Modèle 25 A

Modèle 45 A

Circuit de puissance

- ▶ Intensité nominale : 25 A et 45 A selon modèle
- ▶ Tension nominale : 48 à 660 V AC, monophasée
- ▶ Fréquence réseau : 47 à 63 Hz
- ▶ Tension crête (1 min) : 800 V (modèle 25 A)
1 200 V (modèle 45 A)
- ▶ Rigidité diélectrique : 2,5 kV

Circuit de commande

- ▶ Commande : tension logique continue $0 \text{ V} < \text{OFF} < 1 \text{ V}$
 $4 \text{ V} < \text{ON} < 32 \text{ V}$
- ▶ Chute de tension : 1,6 V
- ▶ Signalisation : LED (signal de commande)
- ▶ Résistance d'entrée : 3 k Ω
- ▶ Temps de réponse : - enclenchement : 0,5 période maximum
- déclenchement : 0,5 période maximum

Caractéristiques générales

- ▶ Isolation entrée/sortie : 4 kV
- ▶ Indice de protection : IP 20
- ▶ Conditions d'installation : - montage vertical
- distance mini entre 2 relais : 22 mm pour le modèle 25 A
45 mm pour le modèle 45 A
- ▶ Conditions climatiques : - 20...+80°C
- ▶ Conception et fabrication selon ISO 9001
- ▶ Conformité **CE**

Modèle	Dimensions (mm)			Masse (g)
	L	H	P	
25 A	22,5	98	102,8	250
45 A	45	98	102,8	490

Références pour commander

THYRITOP 1 - 48 à 660 V - 25 A	P01.6460.01
THYRITOP 1 - 48 à 660 V - 45 A	P01.6460.02

Relais statiques

THYRITOP 20

- ➔ Disponibles sur stock
- ➔ Montage rail DIN ou fond d'armoire
- ➔ Livré avec fusible ultra-rapide intégré dans le produit
- ➔ Commande directe par nos régulateurs STATOP
- ➔ Communication numérique via modules Profibus ou Modbus



Description / Applications Fonctionnement en Tout-ou-Rien

Idem Thyritop 1

Circuit de puissance

- ▶ Intensité nominale : 8 A à 280 A selon modèle
- ▶ Tension nominale : 230 V, 400 V, 500 V
- ▶ Fréquence réseau : 47 à 63 Hz
- ▶ Rigidité diélectrique : 2 kV

Circuit de commande

- ▶ Tension logique 0...24 V DC - Ri > 3,3 kΩ - ON > 3 V
- ▶ Contact sec - niveau 1 = fermeture du contact
- ▶ Numérique via modules de bus

Caractéristiques générales

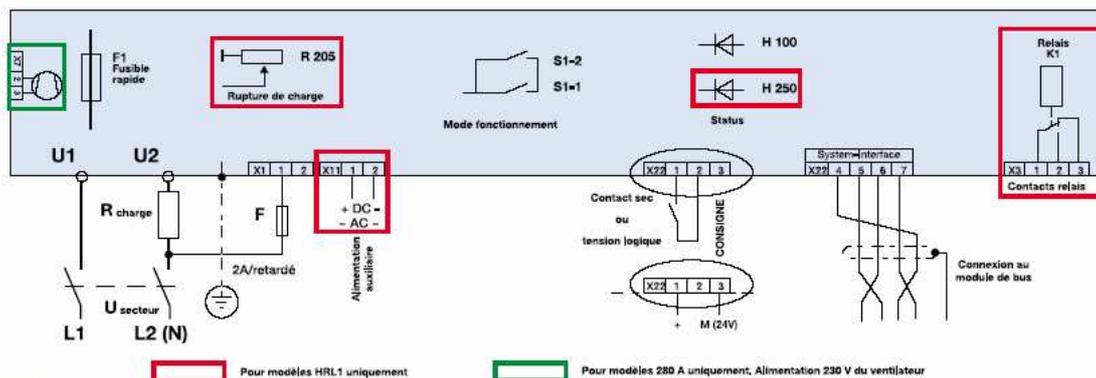
- ▶ Isolation entrée/sortie : 4,5 kV selon VDE 0160
- ▶ Indice de protection : IP 20
- ▶ Conditions d'installation : montage vertical et borniers de raccordement vers le bas
- ▶ Conditions climatiques : - 10...+ 45°C
- 10...+ 55°C à courant réduit (- 2 % du courant nominal par °C)
- ▶ Alimentation auxiliaire 24 V AC/DC (modeles HRL1)
- ▶ Conformité **CE**

Option alarme

- ▶ Modèles H1 : sans alarme
- ▶ Modèles HRL1 : sortie alarme par relais. Indication de rupture de charge (totale ou partielle) réglable par potentiomètre "ADJUST" ou par logiciel "THYROTOOL"

Intensité nominale (A)	Tension nominale			Puissance dissipée (W)	Dimensions (mm)			Masse (kg)	Fusible ultra-rapide (A)
	230 V	400 V	500 V		L	H	P		
8 ⁽¹⁾	1,8	3,2	4		40	121	127	0,6	12
16 ⁽¹⁾	3,7	6,4	8	30	45	121	127	0,7	20
30 ⁽¹⁾	6,9	12	15	47	45	121	127	0,7	40
45	10	18	22,5	48	52	190	182	1,7	63
60	14	24	30	80	52	190	182	1,7	100
100	23	40	50	105	75	190	190	1,9	180
130	30	52	65	150	125	320	237	4	200
170	39	68	85	210	125	320	237	4	315
280 F ⁽²⁾	64	112	140	330	125	370	237	5	350

(1) Modèles montables sur rail DIN (2) Modèles (F) équipés d'un ventilateur de refroidissement. Conditions climatiques - 10... + 35 °C



Références pour commander

- Précisez, dans l'ordre : THYRITOP 20-1S, tension nominale (230, 400 ou 500 V), intensité nominale, option (H1 ou HRL1).
Exemple de commande : THYRITOP 20-1S-400-30-H1
- Accessoires (à préciser à la commande) :
 - Support pour montage rail DIN (pour modèles 8, 16 et 30 A) : Ref P01.6469.51
 - Module de connexion Profibus DP : Ref P01.6469.52
 - Module de connexion Modbus RTU : Ref P01.6469.53
 - Logiciel THYROTOOL 20 & 30 : Ref P01.6469.56

8. CHOISIR UN REGULATEUR

Les appareils STATOP sont des régulateurs de température pour montage en façade. Dispositifs d'asservissement, ils assurent le maintien d'une température à une valeur constante, la "consigne". Ils effectuent pour cela une action automatique sur le régime de chauffe ou de refroidissement, par le biais de contacteurs, de relais statiques ou de gradateurs de puissance. Ils sont aussi souvent utilisés à des fins de sécurité, pour alarmer, signaler et déclencher des automatismes à une température déterminée.



8.1. Analogique ou numérique ?

Au-delà des technologies mises en oeuvre, la précision de régulation est la différence principale entre les deux types de régulateurs. Cette précision est donnée par le type d'algorithme de régulation (traitement mathématique de l'écart entre la valeur de consigne et la valeur mesurée). Ainsi, l'on trouve des appareils régulant en Tout-Ou-Rien, en Proportionnelle, en Proportionnelle-Intégrale, en Proportionnelle-Dérivée et en P-I-D, c'est-à-dire combinant 3 types d'actions. Pour l'exemple, un régulateur PID analogique "couple J" offre une précision de l'ordre de 1% de l'échelle, soit 10°C pour 1000°C, alors que, pour le même capteur et dans les mêmes conditions, un régulateur PID numérique présentera une erreur de 2°C. Par définition, les microprocesseurs des régulateurs numériques autorisent une très grande souplesse de programmation, tant sur l'algorithme de régulation que des nombreuses fonctionnalités auxiliaires. Enfin, équipés de circuits de communication numérique, ils se prêtent à la mise en réseau, à la programmation et à la supervision centralisée.



L'analogique pour sa simplicité

Les régulateurs analogiques sont destinés aux applications de régulation les plus basiques (petits fours, étuves,...) ou aux besoins de surveillance de température, pour déclencher des alarmes. Ils se distinguent par une utilisation des plus simples, et travaillent généralement en Tout-Ou-Rien ou en Proportionnelle. Prévus pour des capteurs de type J ou K, et des résistances thermométriques Pt 100, nos régulateurs analogiques offrent la particularité d'intégrer plusieurs échelles de mesure. Pour passer de l'une à l'autre, il suffit de modifier un point de soudure, et de changer la face avant autocollante sur laquelle est graduée l'échelle. Ils peuvent indiquer la valeur de l'entrée ou l'écart mesure consigne par des diodes

électroluminescentes ou un afficheur numérique. Les sorties s'effectuent sur relais ou sous forme de tension logique.



Le numérique pour les performances et la polyvalence

Nos régulateurs numériques sont équipés d'un système de réglage automatique des actions P-I-D, "l'autoréglage", et intègrent également la logique floue, qui effectue un rattrapage automatique de procédé. Ils conjuguent technicité et simplicité d'utilisation pour former des appareils universels et performants, utilisables par tout un chacun, sans connaissance particulière en régulation. La logique floue, système expert de régulation, leur confère de remarquables avantages de stabilité et de rapidité lors de la montée en température et des perturbations externes (dépassement quasi inexistant). Sur tous ces appareils, une rampe peut être introduite en °C/min. Le fonctionnement des alarmes

est entièrement programmable par menu : haute ou basse pour absolue (fixe), écart (suiveuse), symétrique,... Elles peuvent aussi être configurées en minuterie, pour s'assurer du maintien d'une température précise pendant un temps donné (traitement thermique). L'entrée configurable accepte tous les principaux types de thermocouples, les résistances Pt 100 Ω , ainsi que les tensions ou courants linéaires (0...10 V, 0 ou 4...20 mA, par exemple) issus des transducteurs. Les sorties s'effectuent sur relais, ou en tensions logiques, ou encore en signaux analogiques de process.

8.2. Documents « Chauvin Arnoux »

Régulateurs numériques :

Une entrée universelle

	STATOP 2449	STATOP 4850	STATOP 9625	STATOP 9635
	1 voie de régulation et 1 alarme ou 2 voies de régulation sans alarme	1 voie de régulation et 2 alarmes ou 2 voies de régulation et 1 alarme	1 voie de régulation et 2 alarmes ou 2 voies de régulation et 1 alarme	2 voies de régulation et 2 alarmes
Entrée	tc J, K, T, E, B, R, S ou N ou Pt 100 Ω à 0°C (2 ou 3 fils) ou 0...1, 0...5, 1...5, 0...10 V, 0...20 ou 4...20 mA	tc J, K, T, E, B, R, S ou N ou Pt 100 Ω à 0°C (2 ou 3 fils) ou 0...1, 0...5, 1...5, 0...10 V, 0...20 ou 4...20 mA	tc J, K, T, E, B, R, S ou N ou Pt 100 Ω à 0°C (2 ou 3 fils) ou 0...1, 0...5, 1...5, 0...10 V, 0...20 ou 4...20 mA	tc J, K, T, E, B, R, S ou N ou Pt 100 Ω à 0°C (2 ou 3 fils) ou 0...1, 0...5, 1...5, 0...10 V, 0...20 ou 4...20 mA
Échantillonnage	5 fois par seconde			
Algorithme de régulation	P-I-D + logique floue ou Tout-ou-Rien			
Sens de régulation voie 1	direct (froid) ou inverse (chaud)			
Sens de régulation voie 2	AL1 configurable en voie de régulation proportionnelle directe (froid)	AL2 configurable en voie de régulation proportionnelle directe (froid)	AL2 configurable en voie de régulation proportionnelle directe (froid)	direct (froid)
Rampe de température	0...55,55°C/min (0...99,99°F/min)	0...55,55°C/min (0...99,99°F/min)	0...55,55°C/min (0...99,99°F/min)	0...55,55°C/min (0...99,99°F/min)
Minuterie (alarme AL1)	0...9999 min	0...9999 min	0...9999 min	0...9999 min
Hystérésis en Tout-ou-Rien	0...11°C (0,1...19,9°F)	0...11°C (0,1...19,9°F)	0...11°C (0,1...19,9°F)	0...11°C (0,1...19,9°F)
Cadence de modulation	0...99 s	0...99 s	0...99 s	0...99 s
Face avant	1 afficheur 10 000 points, étanchéité IP 65, NEMA 4X	2 afficheurs 10 000 points, étanchéité IP 65, NEMA 4X	2 afficheurs 10 000 points, étanchéité IP 50	2 afficheurs 10 000 points, étanchéité IP 50
Format	1/32 DIN : 24 x 48 mm	1/16 DIN : 48 x 48 mm	1/4 DIN : 96 x 96 mm	1/4 DIN : 96 x 96 mm
Découpe panneau	22,2 x 45 mm	45 x 45 mm	92 x 92 mm	92 x 92 mm
Profondeur encastrée	98 mm	75 mm	53 mm	53 mm
Masse	110 g	150 g	255 g	255 g
Sortie OUT1	relais inverseur 3 A - 240 V _{ac} ou tension logique 24 V @ 20 mA ou signal analogique 4...20 mA, 0...20 mA, 0...10 V	relais inverseur 3 A - 240 V _{ac} ou tension logique 24 V @ 20 mA ou signal analogique 4...20 mA, 0...20 mA, 0...10 V	relais inverseur 3 A - 240 V _{ac} ou tension logique 24 V @ 20 mA ou signal analogique 4...20 mA, 0...20 mA, 0...10 V	relais inverseur 3 A - 240 V _{ac} ou tension logique 24 V @ 20 mA ou signal analogique 4...20 mA, 0...20 mA, 0...10 V
Sortie AL1	relais inverseur 3 A - 240 V _{ac} ou tension logique 24 V @ 20 mA ou signal analogique 4...20 mA, 0...20 mA, 0...10 V	relais inverseur 3 A - 240 V _{ac} ou tension logique 24 V @ 20 mA ou signal analogique 4...20 mA, 0...20 mA, 0...10 V	relais inverseur 3 A - 240 V _{ac} ou tension logique 24 V @ 20 mA ou signal analogique 4...20 mA, 0...20 mA, 0...10 V	relais n.o. 3 A - 240 V _{ac}
Sortie OUT2		relais n.o. 3 A - 240 V _{ac}	relais n.o. 3 A - 240 V _{ac}	relais inverseur 3 A - 240 V _{ac} ou tension logique 24 V @ 20 mA ou signal analogique 4...20 mA, 0...20 mA, 0...10 V
Sortie AL2	non			relais n.o. 3 A - 240 V _{ac}
Alimentation	90...260 V _{ac} ou 20...32 V _{ac/dc}			
Transmission série (option)	RS485, ASCII, 9 600 bauds			
Retransmission analogique (option)	0...20 ou 4...20 mA			

Une entrée température

	STATOP 4849	STATOP 7220	STATOP 4897	STATOP 4899
	1 voie de régulation et 1 alarme	1 voie de régulation et 2 alarmes	1 voie de régulation et 2 alarmes	2 voies de régulation et 2 alarmes
Entrée	tc J, K, T, E, B, R, S ou N ou Pt 100 Ω à 0°C (2 ou 3 fils) ou linéaire - 10...60 mV	tc J, K, T, E, B, R, S ou N ou Pt 100 Ω à 0°C (2 ou 3 fils) ou linéaire - 10...60 mV	tc J, K, T, E, B, R, S ou N ou Pt 100 Ω à 0°C (2 ou 3 fils) ou linéaire - 10...60 mV	tc J, K, T, E, B, R, S ou N ou Pt 100 Ω à 0°C (2 ou 3 fils) ou linéaire - 10...60 mV
Echantillonnage	3 fois par seconde			
Algorithme de régulation	P-I-D + logique floue ou Tout-ou-Rien			
Sens de régulation voie 1	direct (froid) ou inverse (chaud)			
Sens de régulation voie 2	non	non	non	direct (froid)
Rampe de température	0...200°C/min (0...360°F/min)	0...200°C/min (0...360°F/min)	0...200°C/min (0...360°F/min)	0...200°C/min (0...360°F/min)
Minuterie (alarme AL1)	0...3600 min	0...3600 min	0...3600 min	0...3600 min
Hystérésis en Tout-ou-Rien	0...20% de l'échelle de mesure			
Cadence de modulation	0...120 s	0...120 s	0...120 s	0...120 s
Face avant	2 afficheurs 10 000 points, étanchéité IP 50	2 afficheurs 10 000 points, étanchéité IP 50	2 afficheurs 10 000 points, étanchéité IP 50	2 afficheurs 10 000 points, étanchéité IP 50
Format	1/16 DIN : 48 x 48 mm	72 x 72 mm	1/8 DIN : 48 x 96 mm	1/8 DIN : 48 x 96 mm
Découpe panneau	45 x 45 mm	68 x 68 mm	92 x 45 mm	92 x 45 mm
Profondeur encastrée	86 mm	65 mm	65 mm	65 mm
Masse	170 g	240 g	240 g	255 g
Sortie OUT1	relais inverseur 3 A - 240 V _{AC} ou tension logique 24 V @ 20 mA ou signal analogique 4...20 mA, 0...20 mA, 0...10 V	relais inverseur 5 A - 240 V _{AC} ou tension logique 24 V @ 20 mA ou signal analogique 4...20 mA, 0...20 mA, 0...10 V	relais inverseur 5 A - 240 V _{AC} ou tension logique 24 V @ 20 mA ou signal analogique 4...20 mA, 0...20 mA, 0...10 V	relais inverseur 5 A - 240 V _{AC} ou tension logique 24 V @ 20 mA ou signal analogique 4...20 mA, 0...20 mA, 0...10 V
Sortie AL1	relais n.o. 3 A - 240 V _{AC}	relais n.o. 2 A - 240 V _{AC}	relais n.o. 2 A - 240 V _{AC}	relais n.o. 2 A - 240 V _{AC}
Sortie OUT2	non	non	non	relais inverseur 5 A - 240 V _{AC} ou tension logique 24 V @ 20 mA ou signal analogique 4...20 mA, 0...20 mA, 0...10 V
Sortie AL2	non	relais n.o. 2 A - 240 V _{AC}	relais n.o. 2 A - 240 V _{AC}	relais n.o. 2 A - 240 V _{AC}
Alimentation	90...260 V _{AC} ou 20...32 V _{DC}			
Transmission série (option)	non	RS485, ASCII, 9 600 bauds maxi	RS485, ASCII, 9 600 bauds maxi	RS485, ASCII, 9 600 bauds maxi
Retransmission analogique (option)	non	0...20 ou 4...20 mA	0...20 ou 4...20 mA	0...20 ou 4...20 mA

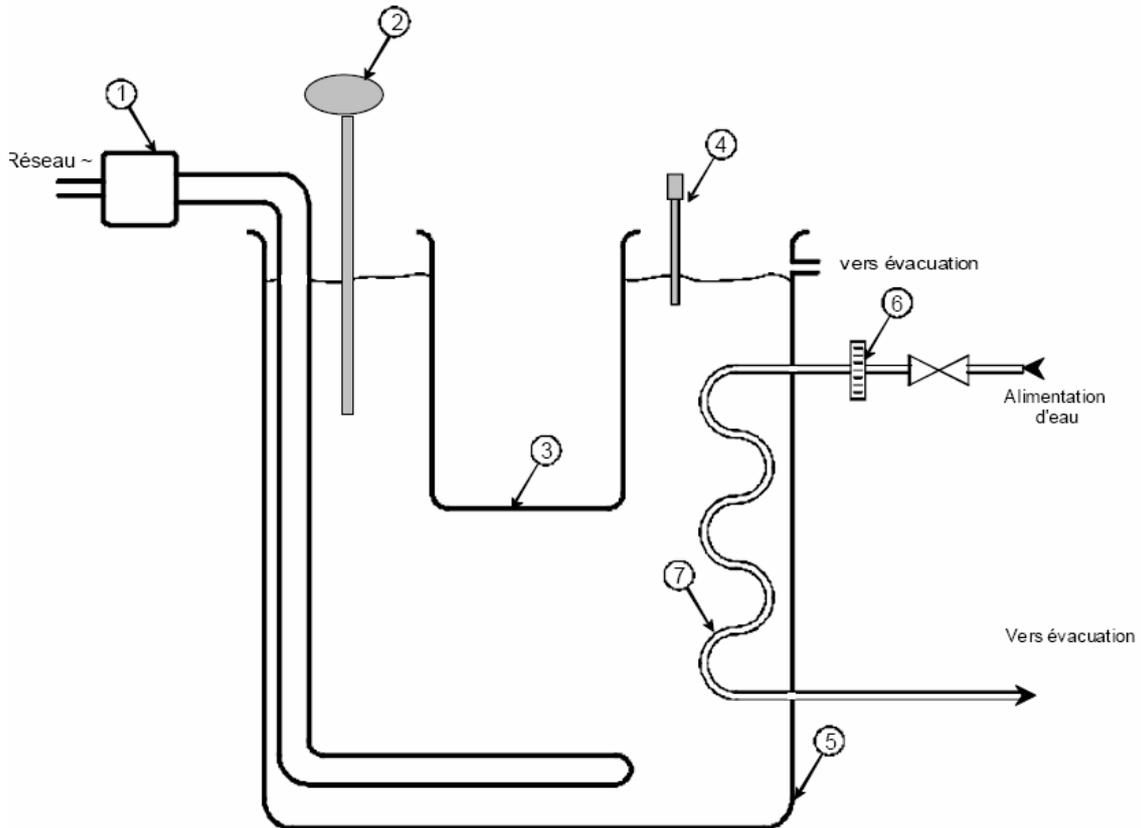
Régulateurs analogiques

Une entrée température

	STATOP 4841	STATOP 4842	STATOP 9601	STATOP 9604
	1 voie de régulation 1 témoin de sortie	1 voie de régulation 1 témoin de sortie 2 témoins d'écart	1 voie de régulation 1 témoin de sortie	1 voie de régulation et 1 alarme (option) / affichage numérique
Entrée	tc J ou K ou Pt 100 Ω à 0°C (2 ou 3 fils)	tc J ou K ou Pt 100 Ω à 0°C (2 ou 3 fils)	tc J ou K ou Pt 100 Ω à 0°C (2 ou 3 fils)	tc J ou K ou Pt 100 Ω à 0°C (2 ou 3 fils)
Échelle de mesure (l'échelle est modifiable par câblage interne)	0...100°C 0...200°C 0...400°C 0...600°C 0...800°C 0...1200°C	0...100°C 0...200°C 0...400°C 0...600°C 0...800°C 0...1200°C	0...100°C 0...300°C 0...400°C 0...600°C 0...1200°C	0...100°C 0...300°C 0...400°C 0...600°C 0...1200°C
Précision	2% de l'échelle	2% de l'échelle	2% de l'échelle	1% de l'échelle
Algorithme de régulation	Proportionnelle ou Tout-ou-Rien	Proportionnelle ou Tout-ou-Rien	Proportionnelle ou Tout-ou-Rien	Proportionnelle ou Tout-ou-Rien
Sens de régulation	direct (froid) ou inverse (chaud)	direct (froid) ou inverse (chaud)	direct (froid) ou inverse (chaud)	direct (froid) ou inverse (chaud)
Bande proportionnelle (Pb)	2,2% de l'échelle	2,2% de l'échelle	2,2% de l'échelle	2,2% de l'échelle
Décalage de bande (reset)	non	non	non	± 2,6% autour de la consigne
Hystérésis en Tout-ou-Rien	1% de l'échelle de mesure	1% de l'échelle de mesure	1% de l'échelle de mesure	1% de l'échelle de mesure
Cadence de modulation	20 s si sortie relais 1 s si sortie logique	20 s si sortie relais 1 s si sortie logique	20 s si sortie relais 1 s si sortie logique	20 s si sortie relais 1 s si sortie logique
Face avant	1 LED bicolore d'état en sortie (OUT), étanchéité IP 50	1 LED bicolore d'état en sortie (OUT), 1 LED rouge mesure < consigne (H), 1 LED vert mesure < consigne (L), étanchéité IP 50	1 LED bicolore d'état en sortie (OUT), étanchéité IP 50	1 afficheur 2 000 points LED rouge, h 13 mm, 1 LED rouge de régulation (OUT), 1 LED rouge optionnel d'alarme (ON), 1 réglage optionnel seuil d'alarme, 1 réglage décalage (RESET), étanchéité IP 50
Format	1/16 DIN : 48 x 48 mm	1/16 DIN : 48 x 48 mm	1/4 DIN : 96 x 96 mm	1/4 DIN : 96 x 96 mm
Profondeur encastrée	86 mm	86 mm	53 mm	53 mm
Sortie OUT1	relais inverseur 5 A - 240 V _{AC} ou tension logique 24 V @ 20 mA	relais inverseur 5 A - 240 V _{AC} ou tension logique 24 V @ 20 mA	relais inverseur 5 A - 240 V _{AC}	relais inverseur 5 A - 240 V _{AC} ou tension logique 24 V @ 20 mA
Sortie AL1	non	non	non	relais n.o. 2 A - 240 V _{AC}
Alimentation	200...260 V _{AC}	200...260 V _{AC}	115...230 V _{AC}	90...260 V _{AC} ou 20...32 V _{DC}

Travail personnel

Identifier la position des différents éléments du sous système et **Compléter** le tableau ci-dessous à l'aide du dossier technique.



Numéro	Nom	Fonction
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

Que faut-il vérifier pour pouvoir remplacer une sonde Pt100 par un thermocouple ?

Retrouvez (et reproduire) sur les schémas électriques :

- Le gradipack ou contacteur statique
- Le thermoplongeur et la sonde de courant
- Le capteur de niveau
- Le capteur de température

Choisir une commande à thyristors sans alarme (relais statique) permettant la commande du thermoplongeur avec les caractéristiques suivantes :

- Bac principal de 30 litres d'eau
- Température initiale de 20°C
- Température finale de 50°C
- Montée en température en 10 minutes
- Déperdition de 300W
- Réseau triphasé 400V

Quelle est la puissance dissipée par le relais statique ?

Quelle sera l'intensité de son fusible de protection ?

Quelle sera la durée nécessaire (en minutes) à une montée en température finale de 60 °C si le relais fonctionne à pleine puissance ?

En vous aidant de la table de référence pour thermocouple type K et du tableau suivant, calculer la température pour une f.e.m. de 8.938mV avec une température ambiante de 0°C, puis de 25°C .

Donner la fem d'un thermocouple de type K qui mesurerait 1200°C avec une température ambiante de 65°C. Proposer des thermocouples équivalents.

Table de correspondance (extraits) des températures pour les thermocouples et les Pt 100 □

θ (°C)	T	J	L	E	K	N	S	R	B	Pt 100
	e (mV)	R (Ω)								
-200	-5,603	-7,890	-	-8,824	-5,891	-3,99	-	-	-	18,49
-100	-3,378	-4,632	-4,75	-5,237	-3,553	-2,407	-	-	-	60,25
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,00
+100	4,277	5,268	5,37	6,317	4,095	2,774	0,645	0,647	0,033	138,50
+200	9,286	10,777	10,95	13,419	8,137	5,912	1,440	1,468	0,178	175,84
+300	14,860	16,325	16,56	21,033	12,207	9,340	2,323	2,400	0,431	212,02
+400	20,869	21,846	22,16	28,943	16,395	12,972	3,260	3,407	0,786	247,04
+500	-	27,388	27,85	36,999	20,640	16,744	4,234	4,471	1,241	280,90
+600	-	33,096	33,67	45,085	24,902	20,609	5,237	5,582	1,971	313,59
+700	-	39,130	39,72	53,110	29,128	24,526	6,274	6,741	2,430	345,13
+800	-	-	-	61,022	33,277	28,456	7,345	7,949	3,154	375,51
+900	-	-	-	68,783	37,325	32,370	8,448	9,203	3,957	-
+1000	-	-	-	76,358	41,269	36,248	9,585	10,503	4,833	-
+1100	-	-	-	-	45,108	40,076	10,754	11,846	5,777	-
+1200	-	-	-	-	48,828	43,836	11,947	13,224	6,783	-
+1300	-	-	-	-	52,398	47,502	13,155	14,624	7,845	-
+1400	-	-	-	-	-	-	14,368	16,035	8,952	-
+1500	-	-	-	-	-	-	15,576	17,445	10,094	-
+1600	-	-	-	-	-	-	16,771	18,842	11,257	-
+1700	-	-	-	-	-	-	-	-	12,426	-

Proposer selon les tableaux suivants, des références de régulateurs correspondant aux contraintes suivantes, puis trouver une équivalence chez Chauvin Arnoux :

- Régulateur de précision de 10%, avec sonde Pt100 et sortie relais, température de -50°C à $+200^{\circ}\text{C}$
- Régulateur de précision de 2%, avec sonde Pt100 et sortie relais plus alarme, température de 0°C à $+200^{\circ}\text{C}$
- Régulateur de précision de 2%, avec thermocouple type J et sortie logique + relais et alarme, température de 0°C à $+400^{\circ}\text{C}$

CHOISIR SON REGULATEUR

La gamme des régulateurs VULCANIC couvre la majeure partie des besoins de l'industrie, encore faut-il savoir choisir celui qui convient à l'application. Ce n'est pas compliqué du tout, il suffit de connaître l'environnement du futur régulateur.

- 1) Définir la qualité de régulation souhaitée : de l'ordre de $\pm 5^{\circ}\text{C}$ choisir un régulateur "TOUT OU RIEN", pour une plus grande précision s'orienter vers un appareil "PID".
- 2) Connaître le type de capteur de température utilisé : PT100 - Thermocouple - Courant - Tension
- 3) Connaître l'organe de puissance qui sera piloté pour choisir le type de sortie régulation (généralement appelée sortie N°1) :
pour un contacteur sélectionner un régulateur à sortie "Relais"
pour une unité de puissance sélectionner un régulateur à sortie "Logique"
pour un régulateur à entrée analogique (ex : vanne) sélectionner un régulateur à sortie "Analogique"
- 4) Connaître l'emploi des sorties auxiliaires (généralement appelées sorties N°2 et N°3) : sélectionner une sortie "Relais" pour pilotage d'alarme, "Courant ou Tension" pour une copie de mesure ou/et sortie 2 "Froid" pilotage d'électrovanne TOR pour refroidissement.

REGULATEURS TOUT OU RIEN 48x48 A AFFICHAGE NUMERIQUE 3 DIGITS

Régulateurs classe 0,2, affichage 3 digits grande hauteur, consigne verrouillable, entrée configurable (PT100 - TC J, K, T), montage en façade ou sur rail Din. Livré préconfiguré.
1 sortie relais inverseur hors potentiel 2A/240V.
Tension d'alimentation : 90/264 V - 50/60 Hz.
Masse 0,2 kg.



Profondeur : 100mm.

REF.	Entrée	Plage
30633-01 •	PT 100	-50/+100°C
30633-51 •	PT 100	0/+100°C
30633-41 •	PT 100	-50/+300°C
30633-12 •	T/C type J	0/+200°C
30633-22 •	T/C type J	0/+400°C
30633-02 •	T/C type J	0/+600°C
30633-03 •	T/C type K	0/+800°C

REGULATEURS P.I.D. 48x96 AUTOADAPTATIFS EVOLUTIFS

Appareils modernes et évolutifs. Classe 0,2 au format avec double affichage numérique, disposant de multiples possibilités : auto-réglants, autoadaptatifs, rampe, réglage manuel de tous les paramètres, limitation de plage et de puissance, dosage de puissance...
Sortie 1 (chaud) logique 0/4,3 VDC - 600 Ω (L) ou analogique 4/20 mA - 500 Ω (A) ou relais inverseur 2 A/240 VAC (R).
Sortie 2 (froid) et alarme pleine échelle inverse par relais 2 A/240 VAC (R).
Raccordement électrique sur bornes à vis en face arrière.

Montage encastré.

Tension d'alimentation : 85 à 264 VAC mono - 50/60 Hz.

Livrés avec brides de fixation et joint.

Protection frontale IP 65. Masse : 0,45 kg.

Profondeur : 100mm.

*Plage de température modifiable par reconfiguration au clavier.



REF.	Ancienne référence	Entrée	Plage*	Sortie 1 (chaud) logique, analogique ou relais	Sortie 2 (froid) relais	Alarme
30880-00 •	30760-00	PT 100	-200/+200°C	R		
30880-01 •	30760-01	PT 100	-200/+200°C	R	R	
30880-02 •	30760-02	PT 100	-200/+200°C	L		
30880-03 •	30760-03	PT 100	-200/+200°C	L	R	
30880-05 •	30760-05	PT 100	-200/+200°C	A	R	
30880-10	30760-10	T/C type J	0/450°C	R		
30880-11 •	30760-11	T/C type J	0/450°C	R	R	
30880-12 •	30760-12	T/C type J	0/450°C	L		
30880-13	30760-13	T/C type J	0/450°C	L	R	
30880-14 •	30760-14	T/C type J	0/450°C	L	R	R
30880-20	30760-20	T/C type K	0/1371°C	R		
30880-21	30760-21	T/C type K	0/1371°C	R	R	
30880-23	30760-23	T/C type K	0/1371°C	L	R	
30880-25	30760-25	T/C type K	0/1371°C	A	R	
30880-30	30760-30	T/C type S	0/1650°C	R		
30880-41	30760-41	4/20 mA	0/100%	R	R	
30880-42	30760-42	4/20 mA	0/100%	L		
30880-45	30760-45	4/20 mA	0/100%	A	R	

Modèles équipés d'une consigne à distance configurable analogique courant ou tension.

REF.	Entrée et Plage	Sortie 1	Alarme
30880-51 •	PT100 -200/+200°C	R	R
30880-52 •	PT100 -200/+200°C	L	R

Micro cartes permettant de faire évoluer l'appareil

30880-90 • Carte relais (pour alarme 1,2 ou sortie 2 froid)

30880-91 • Carte analogique (pour copie de mesure)

30880-92 • Carte logique (pour sortie 2 froid)

30880-93 • Carte communication série RS485

30880-95 • Carte entrée logique (commutation consigne 1/consigne 2)

Autocorrection

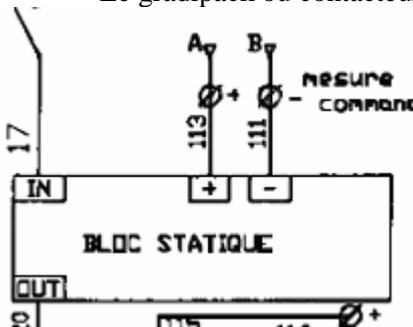
Numéro	Nom	Fonction
1	Thermoplongeur	Chauffer l'eau
2	Sonde pt 100	Mesurer la température
3	Bol auxiliaire de perturbation	Générer une variation de température brutale
4	Sonde de niveau minimum	Contrôler le niveau de l'eau
5	Bac principal	Sert de réserve
6	débitmètre	Contrôleur de débit
7	Serpentin de perturbation	Reproduire des pertes thermiques

Que faut-il vérifier pour pouvoir remplacer une sonde Pt100 par un thermocouple ?

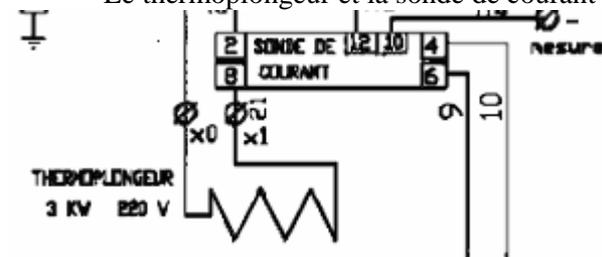
La correspondance des températures et la connexion.

Retrouvez sur les schémas électriques :

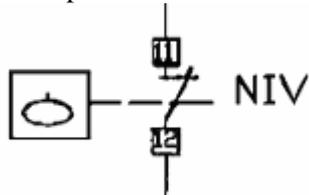
- Le gradipack ou contacteur statique



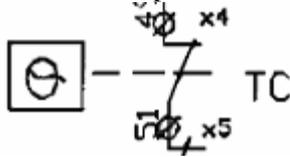
- Le thermoplongeur et la sonde de courant



- Le capteur de niveau



- Le capteur de température



Choisir une commande à thyristors (relais statique)

$$P = \frac{m \cdot c \cdot (\theta_f - \theta_i)}{t_m} + 0,8 D$$

$$P = (30 \cdot 4185(50-20)/600) + 08 \cdot 300 = 6517.5 \text{ W}$$

Thyritop20-1S-400-30-H1

Quelle est la puissance dissipée par le relais statique ? 47 W

Quelle sera l'intensité de son fusible de protection ? 40A

Quelle sera la durée nécessaire (en minutes) à une montée en température finale de 60 °C si le relais fonctionne à pleine puissance ?

$$T = (30 \cdot 4185(60-20)) / (12000 - 08 \cdot 300) = 427 \text{ sec} = 7.1 \text{ min} = 7 \text{ min et } 7 \text{ sec}$$

En vous aidant de la table de référence pour thermocouple type K et du tableau suivant, calculer la température pour une f.e.m. de 8.938mV avec une température ambiante de 0°C, puis de 20°C :

$$8.938 \text{ mV} \Leftrightarrow 220^\circ\text{C} \text{ à } 0^\circ\text{C},$$

$$25^\circ\text{C} \Leftrightarrow 1.000 \text{ mV} \text{ donc } 8.938 + 1.000 = 9.938 \Leftrightarrow \text{un peu moins de } 245^\circ\text{C} \text{ (} 244 \Leftrightarrow 9.502 \text{ et } 245^\circ\text{C} \Leftrightarrow 9.948 \text{)}$$

Donner la fem d'un thermocouple de type K qui mesurerait 1300°C avec une température ambiante de 65°C

$$1200^\circ\text{C} \Leftrightarrow 48.828 \text{ mV} ; 65^\circ\text{C} \Leftrightarrow 2.643 \text{ mV}$$

$$E = 48.828 + 2.643 = 51.471 \text{ mV}$$

Proposer des thermocouples équivalents.

Type N, S, R ou B (température > 1200°C)

- Régulateur de précision de 10%, avec sonde Pt100 et sortie relais, température de -50°C à +200°C => 30633-41 ⇔ aucun chez Chauvin Arnoux : pas de -50°C.
- Régulateur de précision de 2%, avec sonde Pt100 et sortie relais, température de 0°C à +200°C => 30880-01 ⇔ tous car précision 2%
- Régulateur de précision de 2%, avec thermocouple type J et sortie logique + relais et alarme, température de 0°C à +400°C => 30880-14 ⇔ statop4899, 4850, 9625 ou 9635 car 2 sorties (relais et logique plus une alarme)