



**ROYAUME DU MAROC**

**مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل**  
**Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail**  
**DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION**

**RESUME THEORIQUE**  
**&**  
**GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

**MODULE N°:13      REGULATION EN GENIE CLIMATIQUE**

**SECTEUR : FROID ET GENIE THERMIQUE**

**SPECIALITE : TECHNICIEN EN MAINTENANCE HOTELIERE**

**NIVEAU : TECHNICIEN**

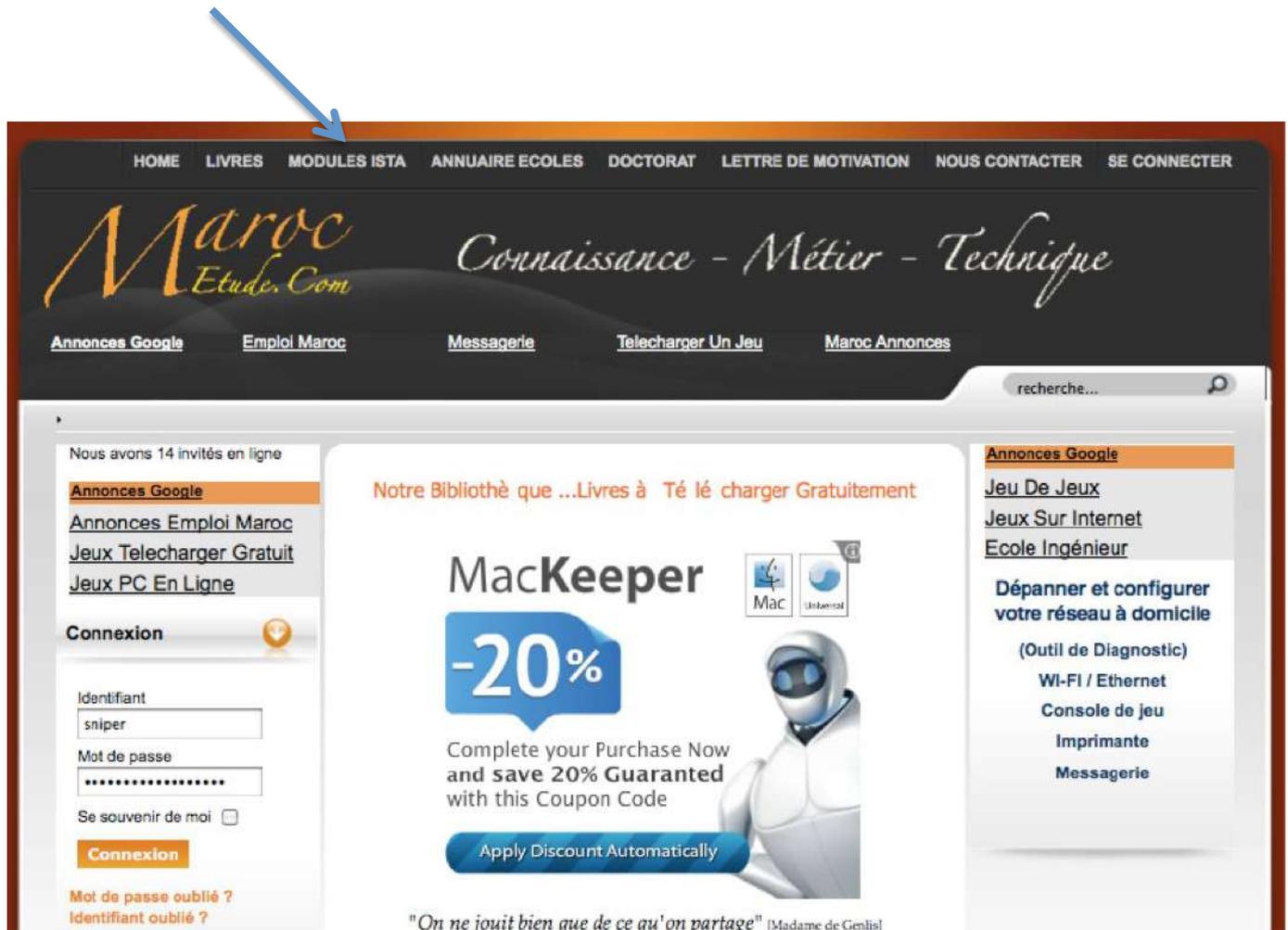
**MAI 2006**

## PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : [www.marocetude.com](http://www.marocetude.com)

Pour cela visiter notre site [www.marocetude.com](http://www.marocetude.com) et choisissez la rubrique :

[MODULES ISTA](#)



The screenshot shows the website's header with a navigation menu: HOME, LIVRES, **MODULES ISTA**, ANNUAIRE ECOLES, DOCTORAT, LETTRE DE MOTIVATION, NOUS CONTACTER, SE CONNECTER. The logo "Maroc Etude.Com" is on the left, and the tagline "Connaissance - Métier - Technique" is on the right. Below the header are links for "Annonces Google", "Emploi Maroc", "Messagerie", "Telecharger Un Jeu", and "Maroc Annonces". A search bar is on the right. The main content area features a central advertisement for MacKeeper with a "-20%" discount and a coupon code. The ad includes the text "Notre Bibliothèque que ...Livres à Télé charger Gratuitement" and "Complete your Purchase Now and save 20% Guaranteed with this Coupon Code". A quote at the bottom reads: "On ne jouit bien que de ce qu'on partage" [Madame de Genlis].

HOME LIVRES **MODULES ISTA** ANNUAIRE ECOLES DOCTORAT LETTRE DE MOTIVATION NOUS CONTACTER SE CONNECTER

*Maroc Etude.Com* Connaissance - Métier - Technique

Annonces Google Emploi Maroc Messagerie Telecharger Un Jeu Maroc Annonces

recherche...

Nous avons 14 invités en ligne

**Annonces Google**

[Annonces Emploi Maroc](#)  
[Jeux Telecharger Gratuit](#)  
[Jeux PC En Ligne](#)

**Connexion**

Identifiant  
sniper

Mot de passe  
.....

Se souvenir de moi

**Connexion**

[Mot de passe oublié ?](#)  
[Identifiant oublié ?](#)

Notre Bibliothèque que ...Livres à Télé charger Gratuitement

**MacKeeper**

**-20%**

Complete your Purchase Now and save 20% Guaranteed with this Coupon Code

Apply Discount Automatically

"On ne jouit bien que de ce qu'on partage" [Madame de Genlis]

**Annonces Google**

[Jeu De Jeux](#)  
[Jeux Sur Internet](#)  
[Ecole Ingénieur](#)

**Dépanner et configurer votre réseau à domicile**

(Outil de Diagnostic)  
Wi-Fi / Ethernet  
Console de jeu  
Imprimante  
Messagerie

## **REMERCIEMENTS**

*La DRIF remercie les personnes qui ont participé ou permis l'élaboration de ce Module de formation.*

### **Pour la supervision :**

**M. Rachid GHRAIRI** : Directeur de CDC Génie électrique et Froid / Génie Thermique

**M. Mohamed BOUJNANE** : Chef de pôle CDC/ Froid et Génie Thermique

### **Pour l'élaboration**

**Mr Elbyar Abdelaziz** : Formateur Animateur au CDC FGT

### **Pour la validation :**

***Les utilisateurs de ce document sont invités à communiquer à la DRIF toutes les remarques et suggestions afin de les prendre en considération pour l'enrichissement et l'amélioration de ce programme.***

**Mr. SAID SLAOUI  
DRIF**

<b>Sommaire</b>	
Objectif opérationnel du premier niveau	3
Objectif opérationnel du second niveau	4
Présentation du module	5
<b>Résumé théorique</b>	
<b>I- Définition et objectif de la régulation</b>	
• définition	
• objet de la régulation	
• boucle fermée	
• boucle ouverte	
<b>II- Mode de la régulation</b>	
• régulation tout ou rien	12
• régulation à action proportionnelle ( P)	
• régulation proportionnelle et intégrale ( PI)	
• régulation proportionnelle et dérivée (PID )	
<b>III- régulateurs et systèmes de régulation</b>	
--régulateurs	24
• éléctromécanique	
• pneumatique	
• électromécanique	
-- systèmes de régulation	
<b>IV—Vanne modulante</b>	<b>26</b>
<b>V- Détecteurs</b>	<b>29</b>
<b>VI—Principaux appareils de mesure</b>	<b>32</b>
• Anémomètre	
• Débitmètre	
• Manomètre	
Psychromètre	
<b>VII—Exemple de gestion en chauffage et en climatisation</b>	<b>35</b>
Régulation numérique configurable	36
Afficheur alphanumérique pour DX-9100	38
Application chauffage, climatisation, production chaud et froid	39
Modules de communication	43
Régulateur numérique universel pour unités terminales	
Extension de réseau pour module numéroteur	
<b>Guide de travaux pratiques</b>	
-- TP 1 : Identification et interprétation d'un système de régulation	51
-- TP 2 : Régulation des appareils de régulation	
-- TP 3 : Modification des points de consigne et relevé des paramètres de fonctionnement	
Liste de références bibliographiques	57

## Module N° 13 : REGULATION EN GENIE CLIMATIQUE

Durée : 40 heures

### **OBJECTIFS OPERATIONNELS DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT**

#### **COMPORTEMENT ATTENDU :**

Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit : **être capable de régler les appareils de régulation**, selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent :

#### **CONDITIONS D'EVALUATION :**

- A partir des consignes données par le formateur.
- A l'aide de la documentation technique donnée par le formateur.
- A partir de mises en situation.

#### **CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCE :**

- Description correcte des techniques des automatismes
- Justesse de l'analyse du fonctionnement de la régulation T.O.R
- Description exacte de la technologie des régulateurs P.I.D

#### **PRECISIONS SUR LE COMPORTEMENT ATTENDU**

A- Maîtriser les principes de la régulation.

B- Maîtriser le réglage des appareils de régulation.

#### **CRITERES PARTICULIERS DE PERFORMANCE**

Description exacte des principales techniques pour gérer l'énergie.

Connaissance correcte de la détermination et calcul des vannes de régulation.

Description juste des différentes boucles de régulation.

Description exacte des différents régulateurs.

Description exacte des éléments de la boucle.

Réglage des appareils de régulation.

## **OBJECTIFS OPERATIONNELS DE SECOND NIVEAU**

***Le stagiaire doit maîtriser les savoirs, savoir-faire, savoir percevoir ou savoir être juges préalables aux apprentissages directement requis pour l'atteinte de l'objectif de premier niveau tels que :***

### **Avant d'apprendre à maîtriser les principes de la régulation (A) :**

1. *Définir les fonctions principales pour gérer l'énergie.*
2. *Décrire les différentes boucles de régulation.*
3. *Décrire les différents types de régulateurs.*
4. *Décrire les différents types des vannes modulantes (motorisées).*

### **Avant d'apprendre à maîtriser le réglage des appareils de régulation (B) :**

5. *Définir les détecteurs électroniques (sondes et capteurs).*
6. *Définir les différents types de mesure (pression, température, débit, vitesse, etc).*
7. *Définir le mode d'utilisation de l'instrument.*

## **PRESENTATION DU MODULE**

*Le module Régulation En Génie Climatique est adapté aux besoins en formation du technicien en Maintenance Hôtelière .*

*Ce document s'adresse au formateur. Il a pour but de l'aider dans son enseignement et de faciliter l'atteinte des objectifs de formation.*

*En effet ce document balaie toutes les compétences dont le stagiaire aura besoin pour maîtriser les principes de la régulation ainsi que le réglage des appareils de régulation, dans le but d'assurer à un système de climatisation son bon fonctionnement pour maintenir une meilleure rentabilité.*

*Le présent module d'une durée globale de 40 h répartie en 60% partie théorique et 40% partie pratique est scindé en deux parties :*

*I—Les principes de la régulation*

*II- Les éléments de régulation et instruments de mesure*

*Ainsi, le formateur sera en mesure de développer telle ou telle partie de ce module selon ses expériences personnelles.*

**N.B** : champs d'application de la compétence :

*- Climatisation centrale , unité de climatisation centralisée*

*( Hôtels ; supermarchés ; centrales bancaire etc. ) .*

*Ce module s'apprend au deuxième semestre de la 2<sup>ème</sup> année Il comprend des concepts théoriques de base :*

- Définition de différentes types de régulation*
- Schémas illustratifs des types de Régulation*
- Démonstrations*

**Module N° 13 : Régulation**

**RESUME THEORIQUE**

## **I – Définition et Objet de la régulation**

### **– Définition**

*La régulation a une particulière importance car les phénomènes se produisent généralement très vite ce qui demande une grande précision . Nous traiterons dans ce qui suit les principales conceptions en technique de régulation.*

*La régulation est un processus par lequel une grandeur, la grandeur réglée, détectée en permanence, est comparée à une autre grandeur de référence, est suivant le résultat de la comparaison, est influencée dans le sens d'une égalisation à cette grandeur de référence .*

### **- Objet de la régulation**

*Maintenir constante, ou commander, réguler, maîtriser l'évolution d'une grandeur physique.*

*En chauffage, grandeur = température*

*En conditionnement d'air = température et humidité relative*

*En pressurisation, grandeur = pression (ou dépression),*

*Un système de régulation comprend essentiellement :*

*Un organe de détection mesurant la grandeur à régler et à approcher de la valeur optimale recherchée ou valeur de consigne : sonde, thermostat, hygrostat, etc....*

*Un organe de régulation : comparent la grandeur mesurée avec la valeur voulue et élaborant la valeur de la grandeur à régler : régulateur, thermostat-pilote (Master), etc.*

*En réaction contre les éléments perturbateurs .*

*Un organe de réglage asservi au régulateur précédent : volet ou robinet motorisé, relais de brûleur ou de compresseur frigorifique ; etc.*

*Le système de régulation peut-être aménagé selon deux principes de boucles différentes :*

**- En boucle fermée :** *l'organe de détection mesure la valeur de la température d'une ambiance par exemple et appelle la comparaison entre celle-ci et la valeur de référence ( ou de consigne) ; le régulateur mesure cette différence et élabore l'ordre transmis à l'organe de réglage ( fig1)*

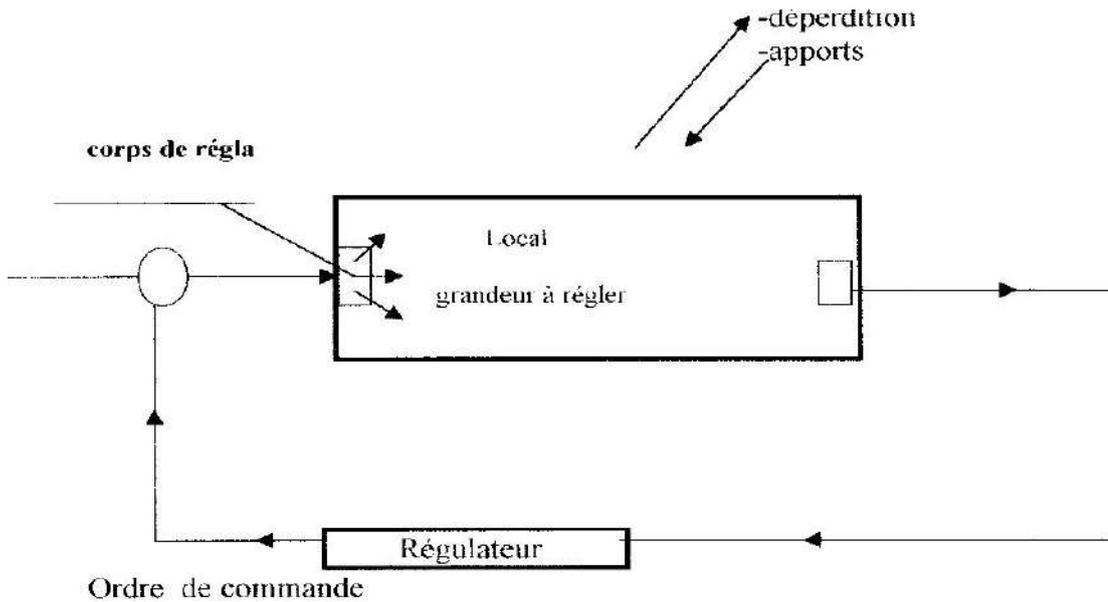


Fig. 1 schéma d'une boucle de régulation fermée en climatisation et en chauffage

### Exemple

Ambiance trop chaud : fermeture de la vanne cette action va modifier la grandeur à régler ces ordres fonctionnent a une vitesse relativement lente du fait de l'inertie thermique (du radiateur principalement). Cette boucle est dite longue.

En chauffage central à eau chaude, le retarde globale est souvent supérieur a 1 heure.

- création d'une boucle courte

Pour réduire la durée de transfert, et devancer l'action, on introduit une boucle courte ( fig.2):

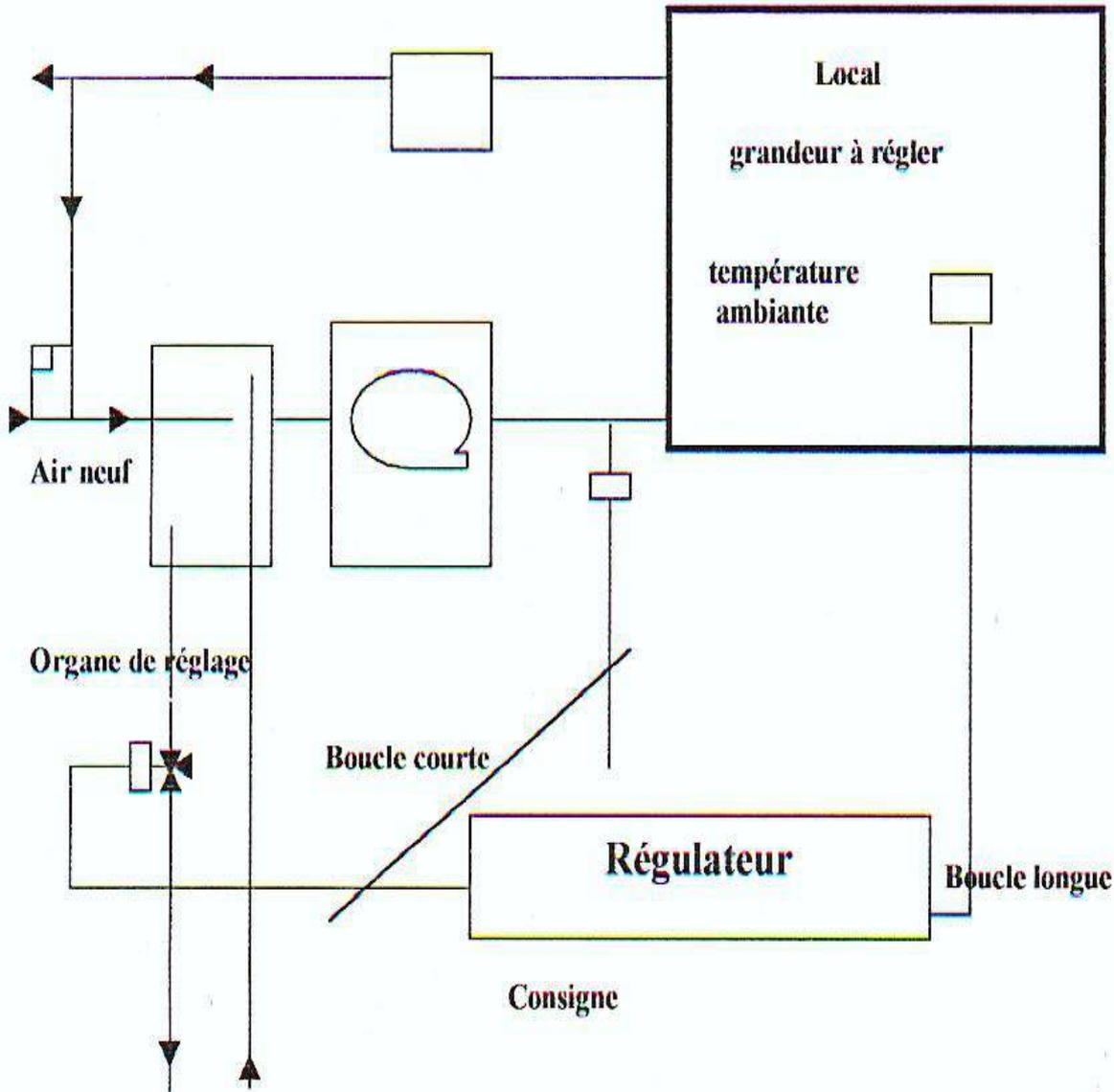


Fig.2 introduction d'une boucle courte

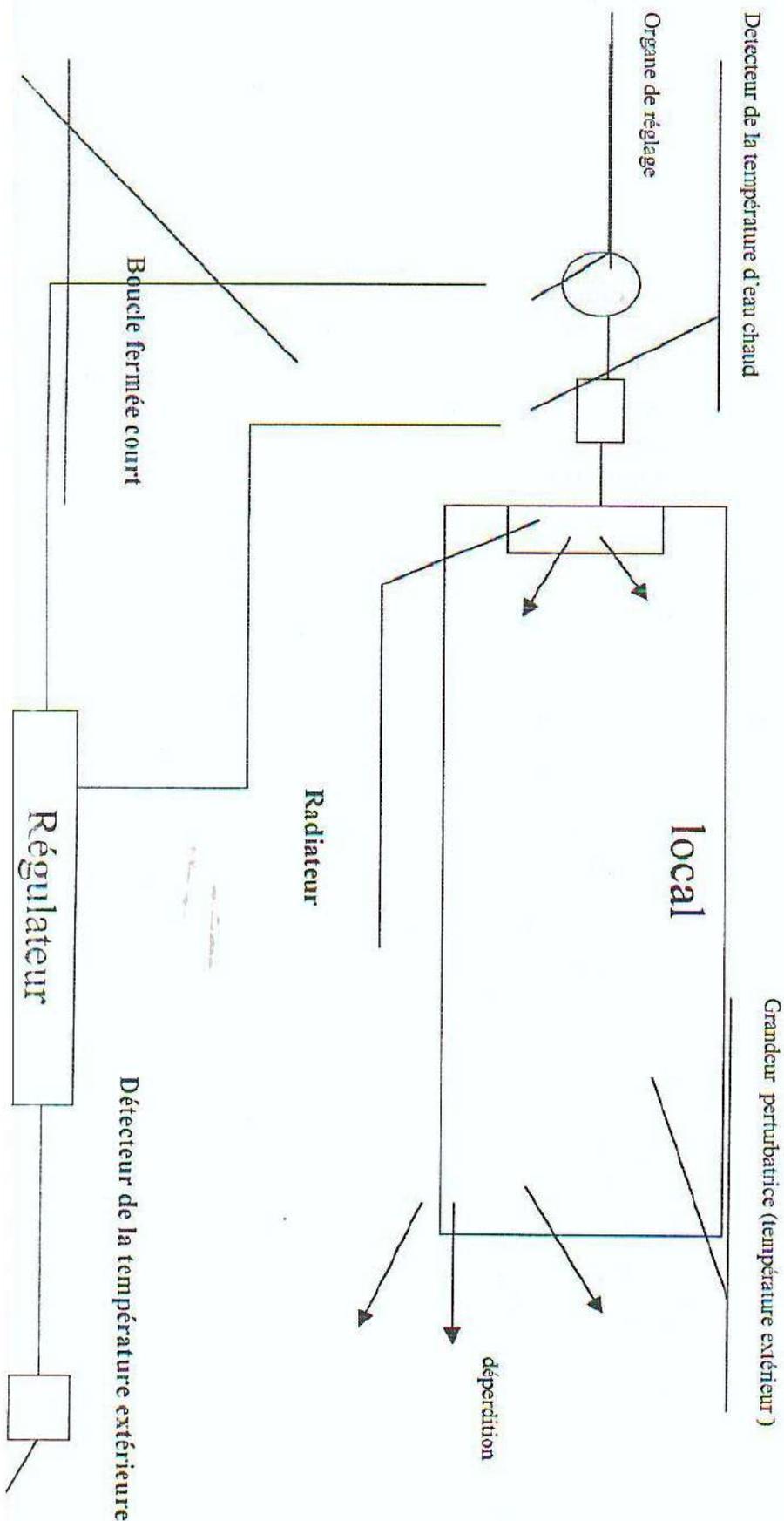
La réaction thermique qui en résulte va se répercuter sur la température ambiante du local, ce que l'organe de détection va constater ; cette boucle de régulation est donc refermée ;  
 Peut-être courte ou longue selon que l'on désire une réaction (ou réponse) rapide ou avec quelque inertie pour éviter le phénomène de « pompage ».

#### **En boucle ouverte :**

La physiologie thermique d'un bâtiment étant connue, un organe de détection à qui on a fixé une valeur de référence agit via le régulateur sur un organe de réglage suivant une loi de correspondance (fig. 3) permettant de maintenir une valeur en ambiance découlant de celle de référence ; il n'y a plus de contrôle direct de la valeur de température maintenue, d'où l'appellation de boucle ouverte d'un tel système élémentaire de régulation.

Le régulateur mesure en permanence la valeur de la température extérieure (sonde extérieure) et de la température de départ d'eau (détecteur de température d'eau).  
 et compare ces valeurs à celle préétablies de la loi de correspondance qu'il a en mémoire.

### Schéma de la boucle de régulation ouverte



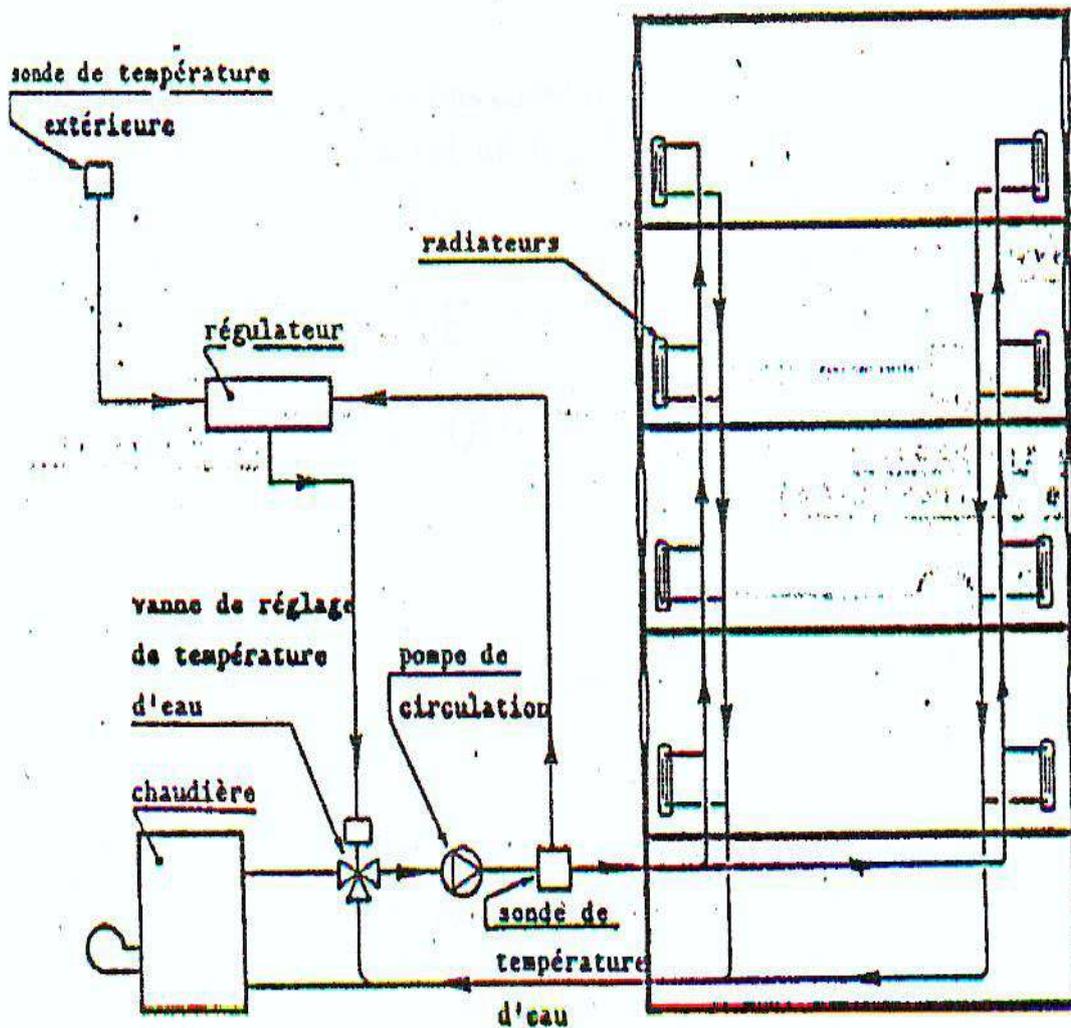
laote

**Exemple (fig.4)**

Une chute de température extérieure : température de l'eau insuffisante → réduction du débit de recyclage.

Cette action entraînant un retard de réponse de l'ensemble de la boucle de régulation et celui du bâtiment ( soumis aux variations de la température extérieure.)

Ce mode de régulation s'applique à la régulation collective de plusieurs locaux d'un même immeuble (pavillons ; bureaux...).

**Fig.4**

## II- modes de régulation

### II -1 régulation tout ou rien

#### 1.1 Principe

L'organe de réglage ne peut occuper que deux positions, marche du chauffage ou du froid ou arrêt. Le passage d'une position à l'autre s'effectue autour du point de consigne affiché lorsque l'élément sensible franchit de différentiel.

#### 1.2 Avantage

Système simple, peut coûteux, facile à installer. - se prête aux fonctions limitation et de sécurité.

#### 1.3 Inconvénient

La grandeur réelle n'est pas constante: il y a oscillations permanentes autour de la valeur de consigne. ( fig.5)

## SCHEMA THEORIQUE DE LA REGULATION "TOUT OU RIEN"

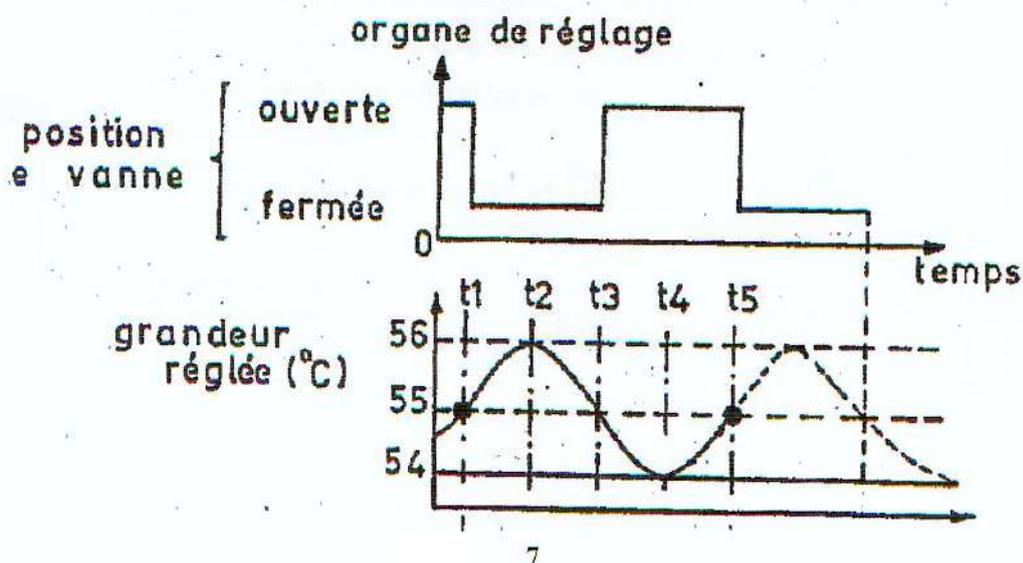


Fig.5 Régulation toute ou rien

## II -2 Régulation à action proportionnelle

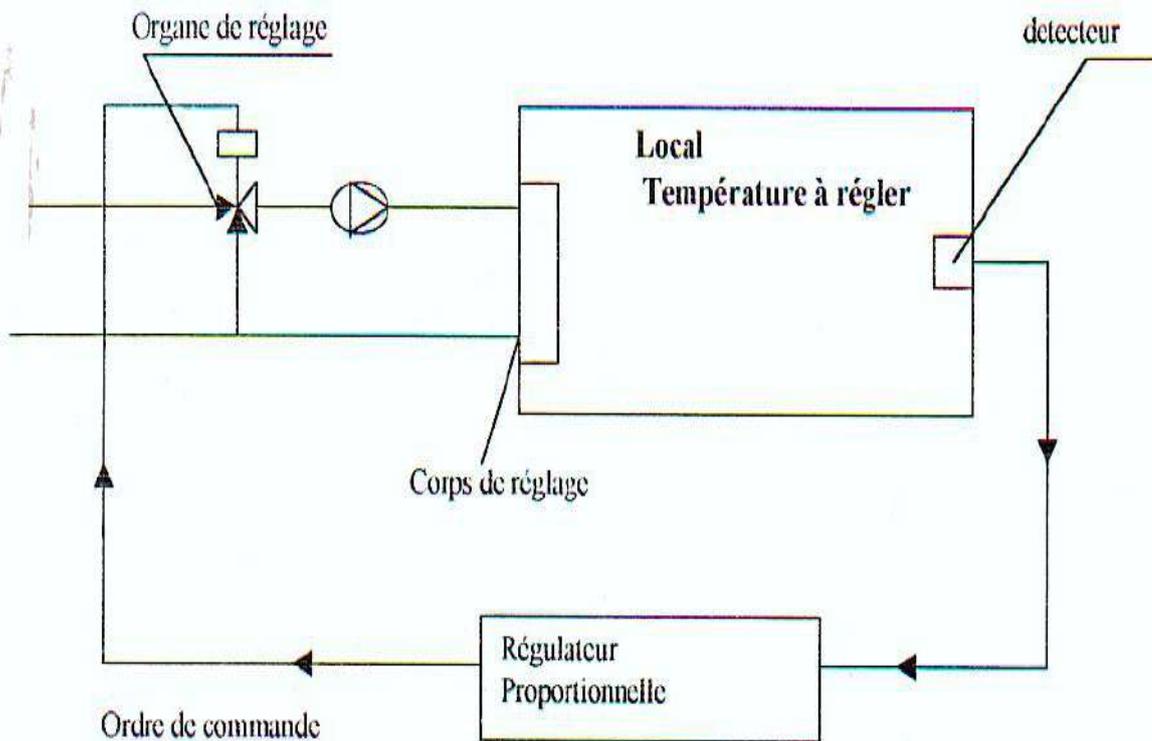
### 2.1 Principe

L'organe de réglage se déplace proportionnellement à l'écart qui existe entre la grandeur à régler et le point de consigne

### 2.2 Objectif

Maintenir constante la température ambiante :

-A toute variation de température ambiante (mesurée par le détecteur) correspond une modification proportionnelle de l'ouverture de la vanne (fig. 6)



**Fig.6 : Régulation proportionnelle**

**Exemple : régulation proportionnelle ( fig. 7 )**

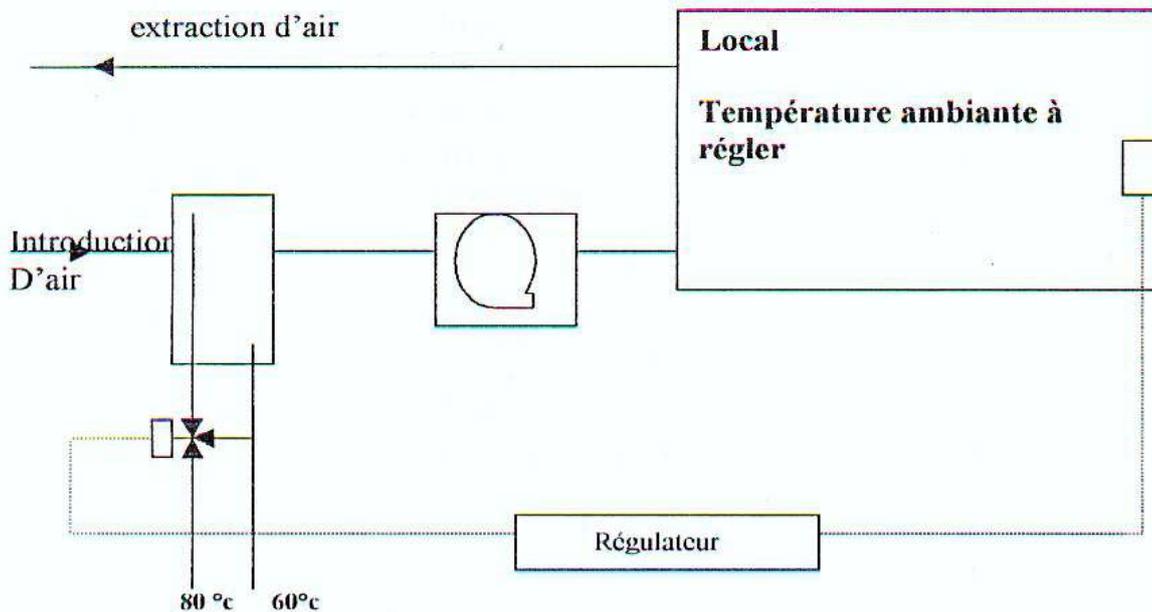


Fig.7 régulation proportionnelle

Dans ce mode de régulation , l'organe de réglage occupe à toute instant une position proportionnelle à l'écart entre point de consigne et valeur réglée ; il s'ensuit que lorsqu'un système est en équilibre, chaque point de la grandeur réglée a comme corollaire une position déterminée du régulateur ; autrement dit, il y a une relation linéaire entre la grandeur mesurée et la position de l'organe de correction ( fig.8)

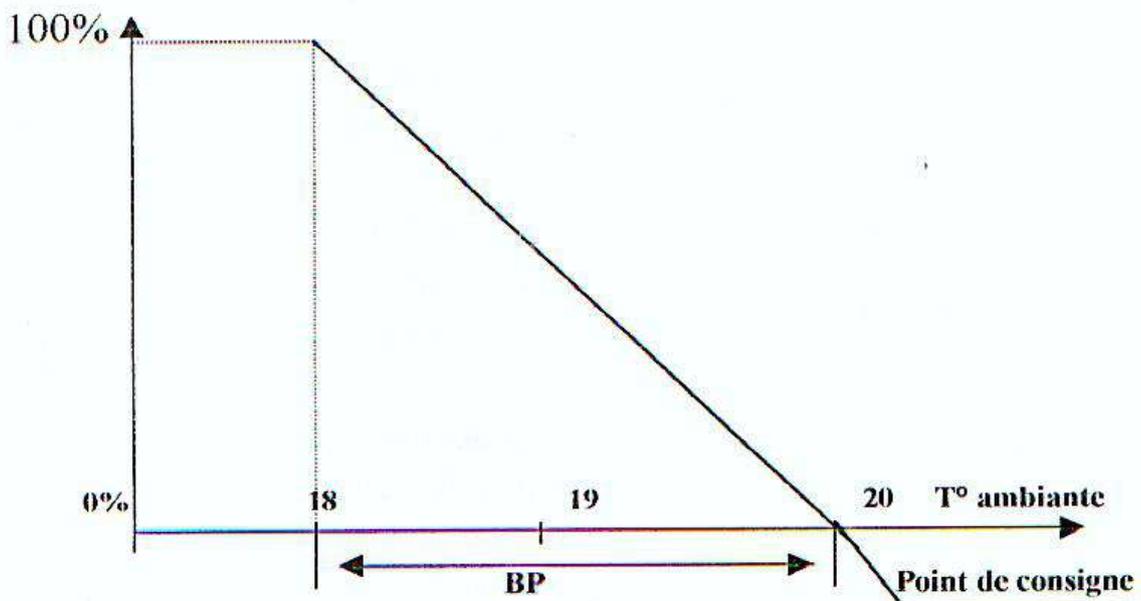


Fig.8 pente caractérisant la loi régulation  
Sur le schéma précédent on voit que :  
- le point de consigne est 20°e.

- A charge nul, le débit d'eau chaud délivré par la vanne 3 voies est nul, la température ambiante est 20°C.
- Si la température ambiante diminue, la vanne 3 voies délivre un débit d'eau chaude croissant.
- La puissance totale délivrée par la vanne 3 voies est obtenue pour une température de 18°C, soit une diminution de 2°C. La bande proportionnelle est donc égale à 2°C,

### 2.3 Définition de la bande proportionnelle

C'est l'écart de température entre la valeur de consigne et la valeur mesurée qu'il faut pour que l'organe de réglage passe de 0 à 100% de sa capacité.

### 2.4 Ecart permanent

Pour une variation de brusque, on remarque que la température ne revient pas au point de consigne, mais s'établit à une nouvelle valeur. La régulation proportionnelle ne peut produire une correction exacte que pour une seule valeur de la charge thermique.

Pour tout les autres valeur, il se produit un écart permanent, c'est une caractéristique inhérente au système proportionnelle et en conséquence, on limite son emploi.

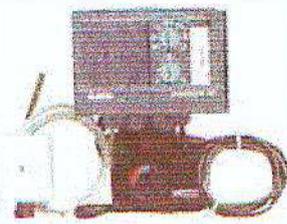
- Conclusion

La régulation proportionnelle est un procédé simple est qui donne satisfaction lorsqu'il est bien employé

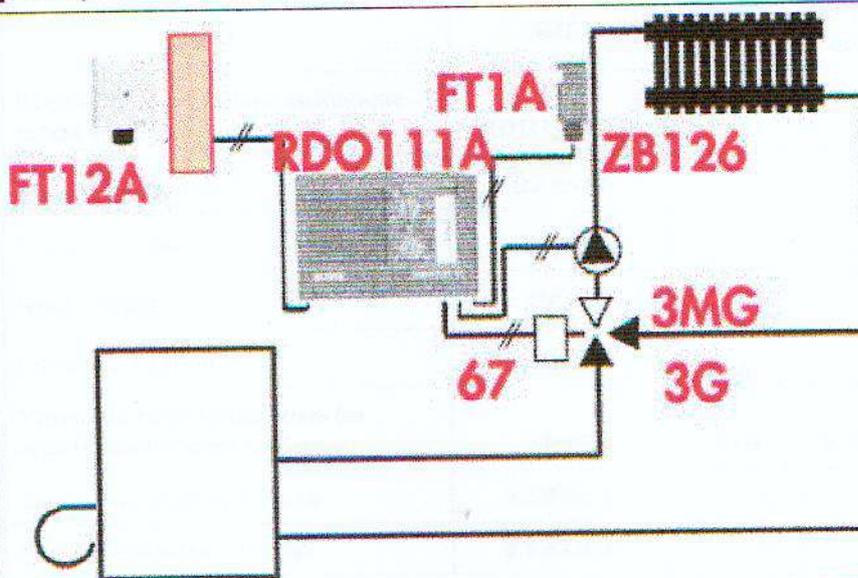
- l'action est rapide
- la stabilité dépende la B.P et de l'inertie du corps de chauffe
- l'écart permanent peut être corrigé par une sonde de compensation
- Ne convient pas pour des variations de charges internes importantes et rapides.
- Pour éviter les oscillations de la grandeur réglée, il faut un système, de chauffage
- Il faut limiter au maximum les temps morts (par recalage du point de consigne).

### 2.5 Exemples Régulation proportionnelle en fonction de la température extérieure

Action sur vanne 3 voies – Action sur le brûleur

Régulateur précâblé action sur vanne	Réf.	Prix HT (FF)	Prix HT (euro)
 <p>Ensemble comprenant un régulateur DOMESTA RDO 110, un moteur 67, l'adaptation vanne/moteur, sonde extérieure, sonde départ, collier de fixation et cordon d'alimentation 230 Vac, le tout précâblé. Mode de régulation proportionnelle - 3 points</p>	PRC	3.819	582,16
En option : horloge journalière, hebdomadaire ou digitale.			

Action sur vanne motorisée (régulation proportionnelle 3 points)

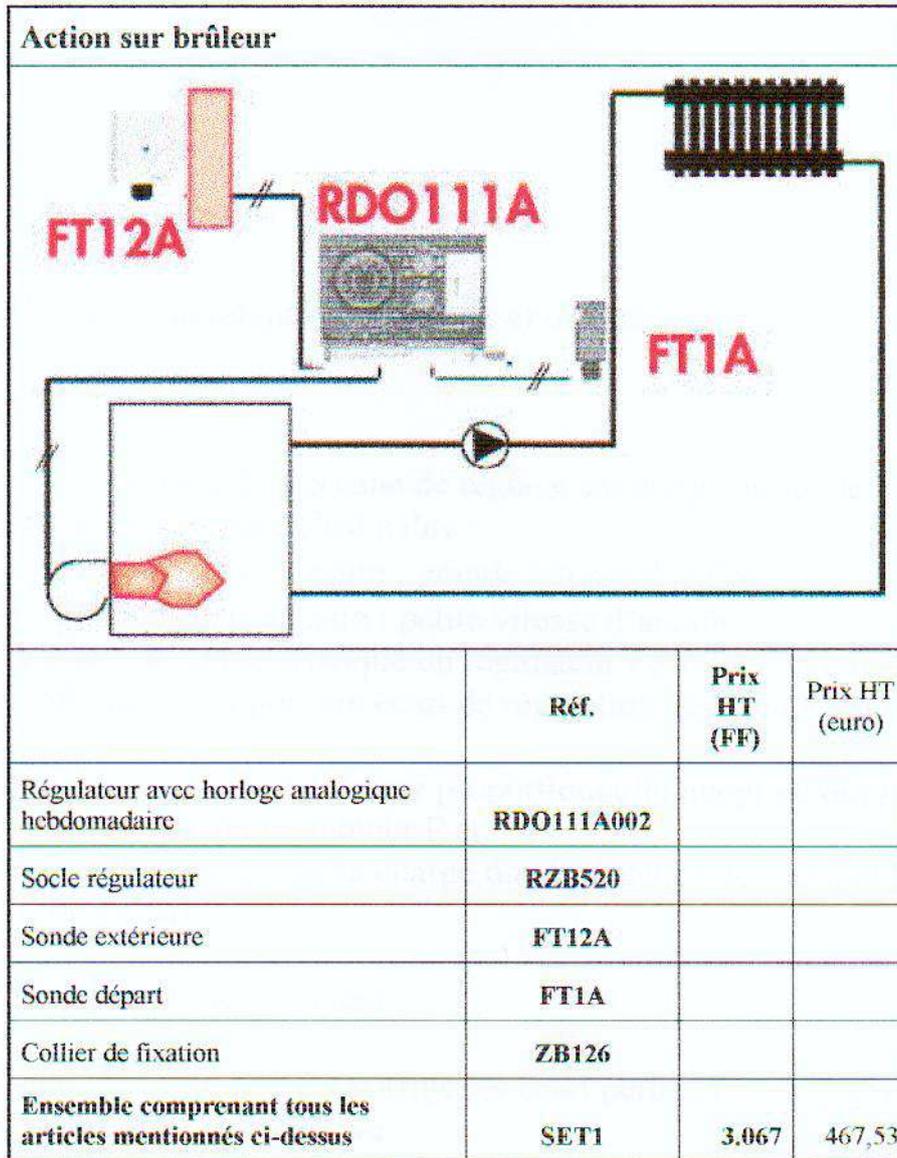


	Réf.	Prix HT (FF)	Prix HT (euro)
Régulateur sans horloge	RDO111A004		
Socle régulateur	RZB520		
Sonde extérieure	FT12A		

... de la température | extérieure htm

Sonde départ	FT1A		
Collier de fixation	ZB126		
<b>Ensemble comprenant tous les articles mentionnés ci-dessus</b>	<b>SET0</b>	<b>2.338</b>	<b>356,40</b>
Vanne 3/4 voies laiton	3MG../ 4MG..	<a href="#">voir ici</a>	
Vanne 3/4 voies fonte	3G./4G.	<a href="#">voir ici</a>	
Servomoteur 3 points 230 Vac	67	<a href="#">voir ici</a>	

Action sur vanne thermique (régulation 2 points)			
	Réf.	Prix HT (FF)	Prix HT (euro)
Régulateur avec horloge analogique hebdomadaire	RDO111A002		
Socle régulateur	RZB520		
Sonde extérieure	FT12A		
Sonde départ	FT1A		
Collier de fixation	ZB126		
<b>Ensemble comprenant tous les articles mentionnés ci-dessus</b>	<b>SET1</b>	<b>3.067</b>	<b>467,53</b>
Vanne 3 voies bronze PN16	V3BM..T	<a href="#">voir ici</a>	
Moteur thermique 220 Vac	ETE220A	<a href="#">voir ici</a>	
Servomoteur 230 Vac - 2 pts avec relais	68-20	<a href="#">voir ici</a>	



[ere@scielgi.com](mailto:ere@scielgi.com)

### II-3 Régulation proportionnelle et intégrale (P.I)

#### 3.1 Définition

En mode proportionnel seul P, l'organe de correction occupe une position proportionnelle à l'écart de la grandeur à réguler ; dans le type proportionnel intégral PI, c'est la vitesse de l'organe de réglage qui est impliquée et est proportionnelle à l'écart précité

#### 3.2 Constante de temps d'intégration $T_i$ (fig.9) :

La constante du temps d'intégration définit la période à l'issue de laquelle l'action proportionnelle P est rectifiée par l'action intégrale I.

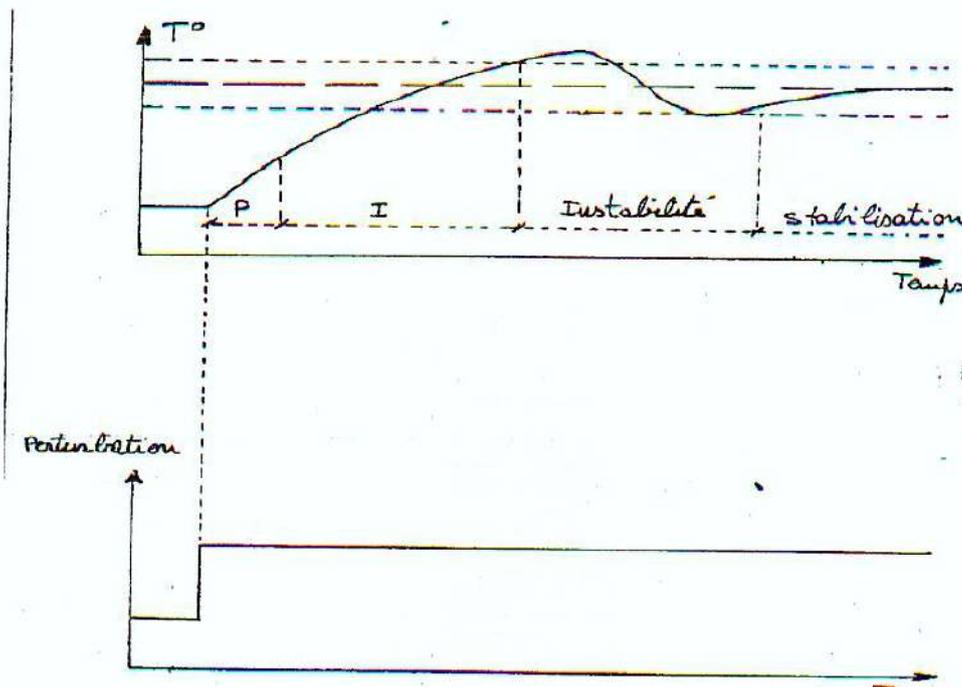
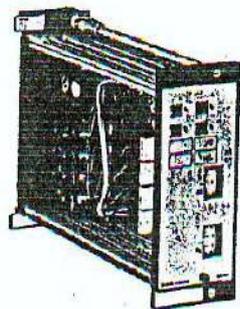


FIG.9

#### 3.3 Exemples



REP4U

**Caractéristiques techniques**

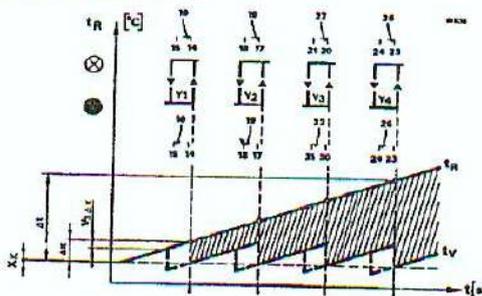
Tension d'alimentation	24 V <sup>+15%</sup> <sub>-10%</sub> , 50 ... 60 Hz
Puissance absorbée	REP2U : 5 VA REP4U : 8 VA
Plage de valeur de consigne X <sub>K</sub>	0 ... 12°C
Etalement de valeur de consigne x <sub>K</sub>	± 2,5 K (°C)
Ecart d'enclenchement ΔX pour l'ensemble des étages	0,5 ... 5 K (°C)
Différentiel d'enclenchement 1/3 ΔX	1/3 de l'écart d'enclenchement
Temporisation à l'enclenchement Δt	0 ... 4 s
Pouvoir de coupure	Contact inverseur 220 V~, 3(1,2)A par étage
Longueur du fil jusqu'à la sonde	max. 2 x 200 m, 1 mm <sup>2</sup> Cu
Température ambiante	0 ... 50°C

**Fonctionnement**

L'appareil de commande pour compresseur est un relais à étages commandé par la température. Les étages sont réglables les uns par rapport aux autres et temporisés à l'enclenchement. La puissance frigorifique requise est réglée sur la valeur de la température de retour qui représente une grandeur exacte de la puissance frigorifique demandée. Lorsque la température de retour augmente, les étages s'enclenchent en séquence.  
 Pour le réglage des points d'enclenchement, la différence de température totale disponible Δt (p.ex. 6 K (°C)) doit être divisée par le nombre d'étages. Lorsque les étages sont de puissance égale, chaque étage est à décaler par rapport au suivant de la valeur ΔX (p.ex. 1,5 K (°C)) ainsi obtenue, car chacun des étages peut refroidir de ce ΔX l'eau en circulation' (La quantité d'eau est supposée constante.)

$$\text{Ecart entre chaque étage } \Delta X = \frac{\Delta t \text{ [K]}}{\text{nombre d'étages}}$$

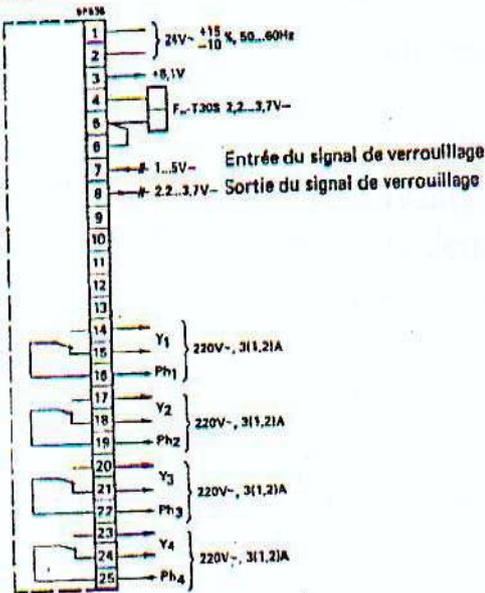
**Diagramme fonctionnel**



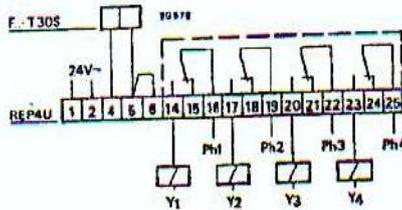
$t_R$	Temp. de retour	$X_K$	Valeur de consigne de la température de départ
$t_V$	Temp. de départ	$\Delta X$	Ecart entre étages: K (°C) (Correspond à la puissance par étage de la machine frigorifique)
$Y_{1...4}$	Etages		
	Puissance frigorifique		
$\Delta t$	Réchauffement max. de l'eau glacée		

Schémas de raccordement

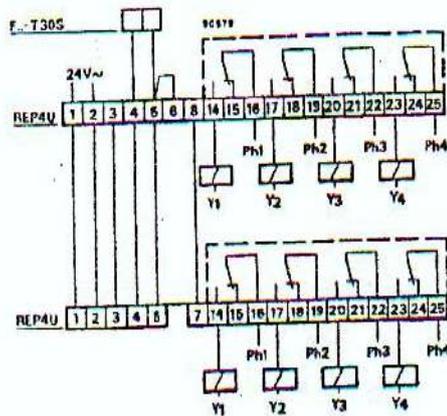
Bornier



1 ... 4 étages



5 ... 8 étages



Réglage de l'appareil complémentaire

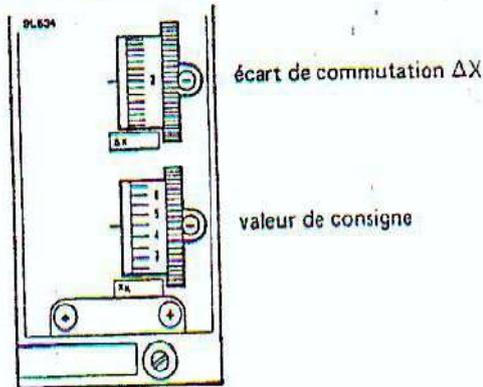
La valeur de consigne de départ du second appareil doit être réglée sur la valeur suivante:

$$X_{KN} = X_{KV} + n \cdot \Delta X$$

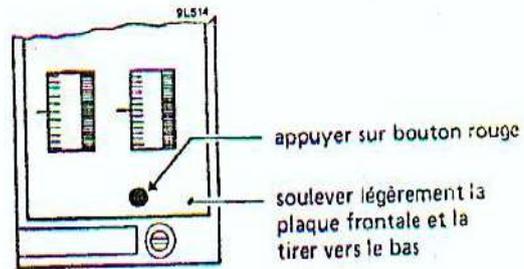
- n : nombre d'étages du 1er appareil
- X<sub>KV</sub>: valeur de consigne de la température de départ du 1er appareil.
- X<sub>KN</sub>: valeur de consigne de la température de départ du 2ème appareil

L'écart de commutation ΔX doit être réglé sur la même valeur dans les deux appareils!

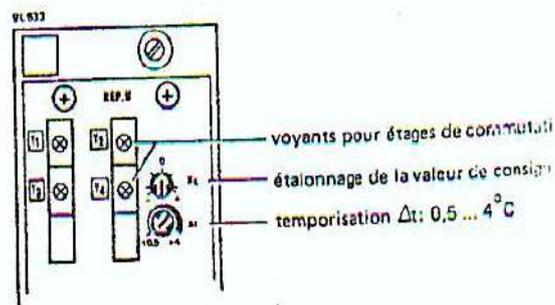
Possibilités de réglage



Enlever la plaque frontale



Possibilités de réglage après avoir ôté la plaque frontale



II-4 Régulation proportionnelle intégrale et dérivée ( P.I.D)

4.1 Dans une action complémentaire dérivée PD , la position de l'organe de réglage est proportionnelle à la variation de l'écart ( et non plus à la seule valeur de l'écart ) ; par contre elle n'intègre pas le niveau ou se produit cette variation .

La constante TD définit la période à l'issue de laquelle l'action proportionnelle coincide avec celle de l'action dérivée ( fig.10 )

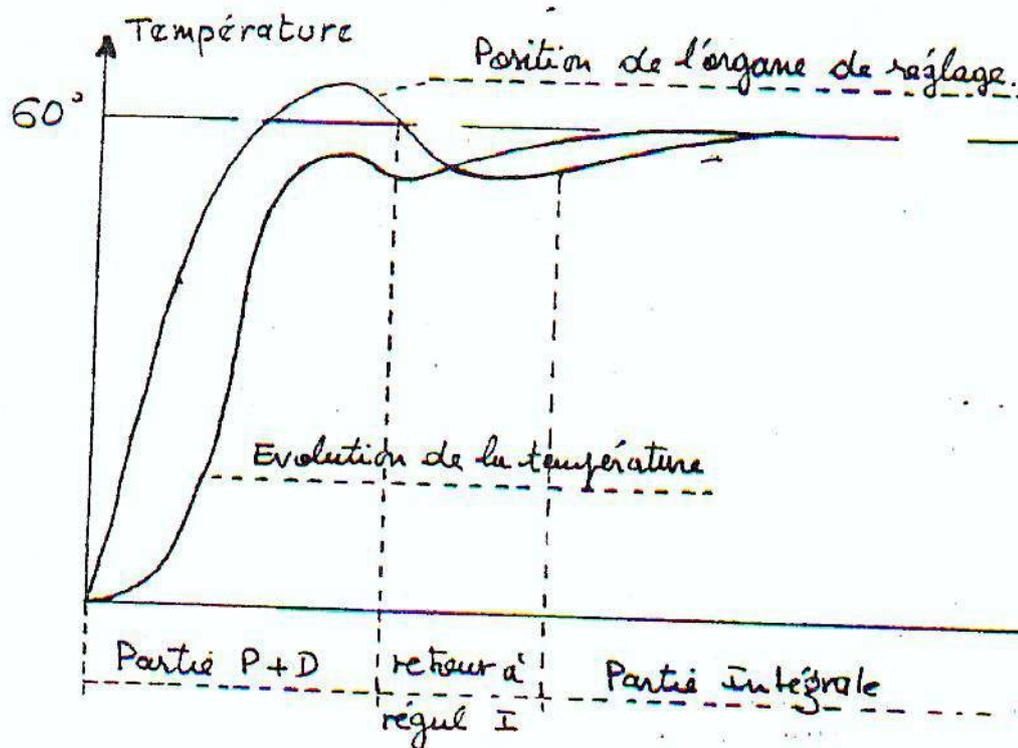


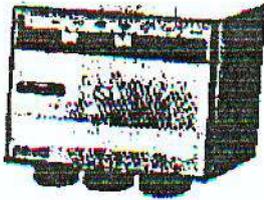
Fig10.

Au moment de la variation brusque de l'écart ( consigne - mesure ), l'action dérivée fournira immédiatement la correction.

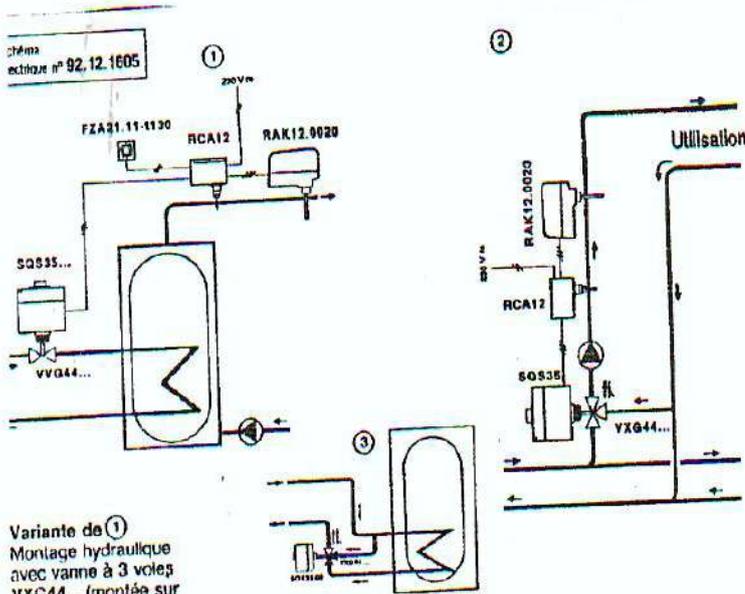
Le mode proportionnel intégral dérivé PID en combinant les trois actions qui auront chacune leur effet dans le temps :

- a - proportionnelle P : correction de l'organe de réglage proportionnellement à l'écart entre valeur de consigne et valeur à réguler ;
- b- intégrale I : correction complémentaire en intégrant la vitesse proportionnelle à l'écart ;
- c- dérivée D : autre correction complémentaire en introduisant un accroissement proportionnel à la vitesse de l'écart .

**4.2 Exemple**



RCA12



Variante de ①  
Montage hydraulique  
avec vanne à 3 voies  
VVG44... (montée sur  
retour)

**PRINCIPE - FONCTIONS - CARACTERISTIQUES**

- Le régulateur RCA12 est un régulateur PID maintenant la température de départ selon la valeur de consigne réglée. (Pas d'écart permanent)  
En fonction de l'écart entre la température affichée et la température mesurée, il agit sur la vanne motorisée pour rétablir l'équilibre demandé.
- RCA12 est un régulateur compact : sonde, réglage et régulateur sont dans un même boîtier.  
Simplicité de réglage et de raccordement électrique. (Sonde Ni 1000 Ω/0 °C)
- Possibilité de 2 régimes (normal/réduit) par contact extérieur (horloge par ex.)
- Le Servomoteur (230V-) doit avoir une vitesse comprise entre 75 sec. et 6 min

**POINTS FORTS**

- Alimentation directe en 230V-
- Raccordement électrique simplifié
- Précision de réglage (régulation PID)

Page produit    Notice technique    Type

### III Régulateurs et Systèmes de régulation

#### **III-1 .Régulateurs :**

Terme englobant un appareillage ( ou un équipement) regroupant les fonctions de :

- a) comparaison entre la valeur détectée et la valeur de consigne prescrite ;
- b )amplification de l'écart constatée pour le rendre exploitable ;
- c) transmission de cette action en signal de commande adressé à l'organe de correction

#### 1- Electromécanique

1.1 la comparaison est assurée par une balance de forces ;

1.2 la comparaison est réalisée soit par le thermostat lui-même, soit par un relais ;

1.3 la transformation du signal est exécuté par voie électrique.

Il est piloté par précédents et, bien entendu, le servomoteur ( action la vanne ou le volet) sera compatible avec la technologie du régulateur .

#### 2- Pneumatique

2.1 la comparaison est également assurée par une balance de forces ;

2.2 L'amplification est assurée par un train d'air comprimé,

2.3 la transformation du signal est assurée par un convertisseur dont le fluide moteur est le l'air comprimé.

#### 3- Electronique

3.1 la comparaison est assurée par un montage électrique en pont de Wheatstone

3.2 l'amplification est assurée par un étage électronique

3.3 l'ordre de commande est assuré par des relais électriques ou des thyristors.

Vue leur technologie variée les régulateurs de types électronique sont de loin les plus utilisés .

#### **III-2. Systèmes de régulation :**

##### 1-Electromécanique

L'organe de détection équipe d'un élément à action mécanique : bilame , ressort soufflet à dilatation de fluide, qui transforme la mesure captée en signal exploitable ;

Le régulateur peut être constitué par un simple commutateur, il peut être aussi équipé d'une relais à balance ou d'un potentiomètre .

\_l'organe de réglage est asservi à la régulation et le moteur ( de robinet ,de clapet ou de volet) sera compatible avec le type de régulateur ; l'énergie de fonctionnement sera fournie par un courant électrique mono 220V qui sera généralement abaissé à 48 ou 24 V au niveau de chaque servo-moteur.

##### 2-Pneumatique

L'organe de détection transforme la variation de la grandeur mesurée en une variation de force par l'intermédiaire d'un transmetteur modulant d'air comprimé ( de 0,2 a 1,2 ou 1,7 bar selon les constructeurs).

Cette pression agit sur le diaphragme d'un robinet ou de registre; un relais de positionnement ajuste la position de l'organe de réglage a la valeur de la pression d'air modulé

### 3 – Electronique

– L'organe de détection est constitué par une (ou plusieurs) sonde (s) transmettant la grandeur mesurée au régulateur qui par son montage comparateur, et après amplification, adresse l'ordre de réglage au moteur agissant sur l'organe correcteur, robinet, volet, compatible avec le principe de régulation adopté.

La liaison des différents organes est assurée par une filerie type câble téléphonique sous tensions de 12 ou 24V.

### 4 - Régulation thermostatique

Surtout utilisée pour la régulation individuelle d'émetteurs de petite puissance : radiateur et ventilo-convecteur.

L'organe de mesure dans l'ambiance transforme par l'intermédiaire d'un fluide dilatable, l'écart détecté en effet mécanique sur le clapet d'un robinet de réglage.

### **Tableau décrivant les avantages et inconvénients des différents systèmes de régulation**

Système	Avantage	Inconvénients
Electromécanique	<p>Système simple Système le moins onéreux pour une installation moyenne Entretien simplifié et régulier</p>	<p>retard de réponse dû aux organes mécaniques Organe de détection moins directs que les sondes Dépendance du service public pour la fourniture d'énergie</p>
Pneumatique	<p>Appareillage robuste Rapidité des corrections Sécurité d'utilisation en atmosphère humide Entretien réduit</p>	<p>Nécessité d'une production spécifique d'air comprimé Nécessité de prévoir des convertisseurs pneumatiques-électriques pour des fonctions de sécurité.</p>
Electronique	<p>Système sensible Absence d'organe mécanique Affichage à distance des points de consigne Peu d'inertie Adaptation excellente à contrôle et gestion centralisée</p>	<p>Système relativement chère Dérive de certains organes</p>

#### **IV- Vannes (Robinets ) modulantes ( motorisées )**

Une vanne motorisée ( fig 11) constitue l'élément terminale d'une chaîne cohérente de régulation et donc un rôle capital dans les performances de celle-ci.

Une vanne motorisée doit être dimensionnée :

- En fonction des caractéristiques hydrauliques de l'installation ;
- Suivant la finesse du réglage exigée ;
- En compatibilité avec le système de régulation choisi.

Une vanne motorisée est constituée par :

- Un servo -moteur électrique, électronique ou pneumatique ;
- Une tringlerie ou un axe d'accouplement ;
- Le robinet de régulation proprement dit.

Chaque robinet est intrinsèquement caractérisé par :

- La pression différentielle maximale  $\Delta p$  maxi entre entrée et sortie du robinet dépendant de sa construction, du débit d'eau le traversant, du couple du servo-moteur, etc. ;
- Son coefficient de débit  $K_v$ , définissant le débit  $Q$  d'un robinet donné pour un  $\Delta p = 1$  bar,

La variation de section de passage dans un robinet de régulation conduit à une modification de débit :

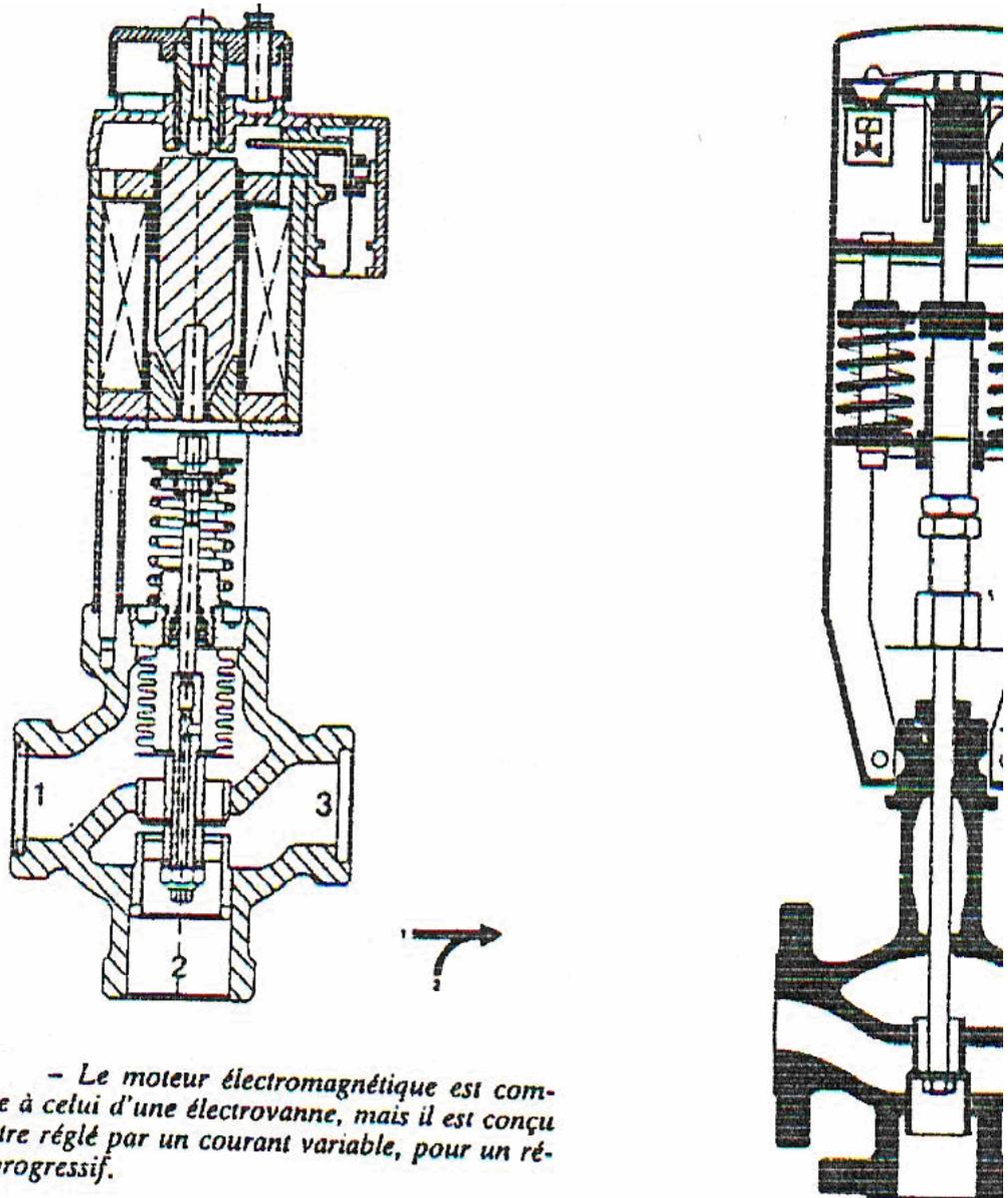
Robinet à siège et soupape

Robinet à secteur ;

Robinet à diaphragme ;

Robinet à papillon destiné à en fonctionner en ouverture-fermeture (régulation tout ou rien, ou en fonction de sécurité ).

En outre suivant le montage hydraulique du robinet, il peut être à 2 voies, à 3 voies, ou à 4 voies. ( Voir figure 12 ci-dessous ).



- Le moteur électromagnétique est comparable à celui d'une électrovanne, mais il est conçu pour être réglé par un courant variable, pour un réglage progressif.