



Version Française

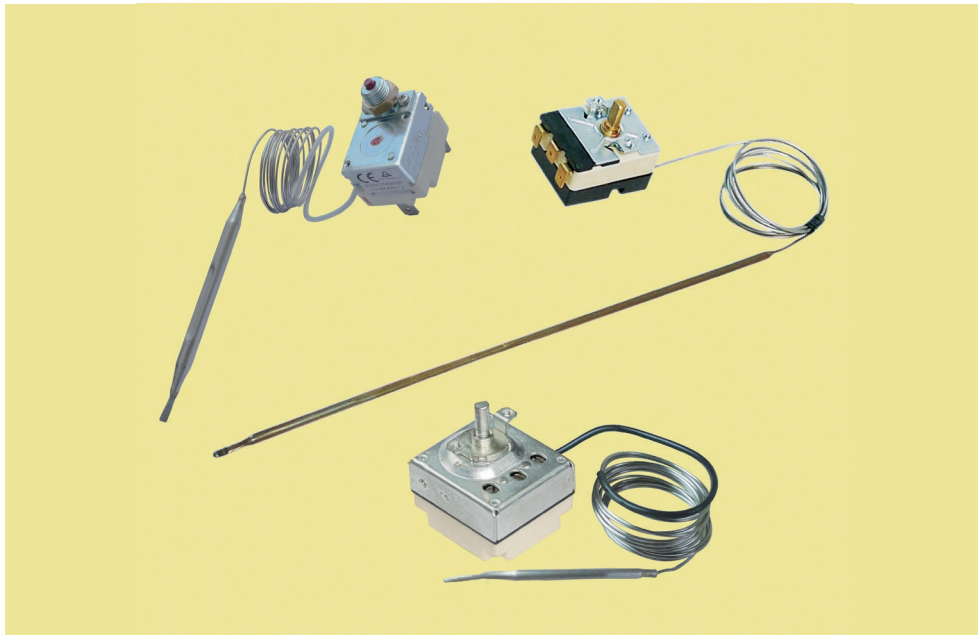


Jacques Jumeau

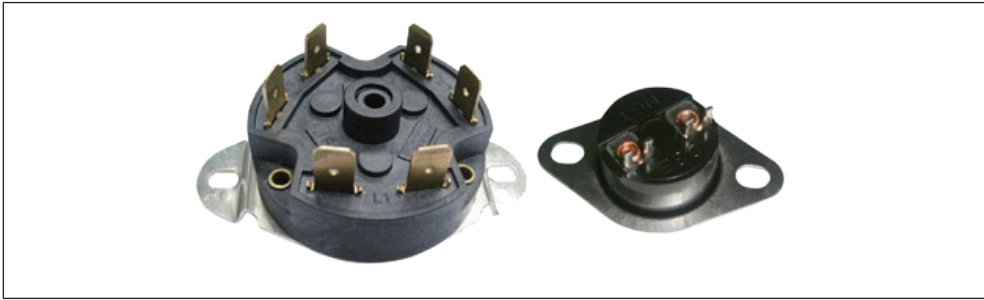
Technologie des composants utilisés dans le chauffage.

## Chapitre 24

### Eléments de base sur les thermostats utilisés dans les circuits électriques

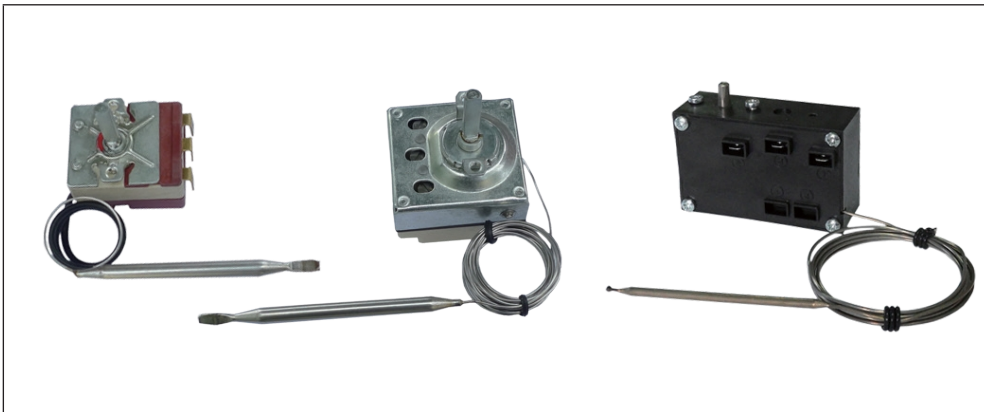


### Systemes électromécaniques



#### Thermostats à disque

Utilisés comme thermostats de régulation ou comme thermostat de sécurité à réarmement manuel, les thermostats à disque ont pour organe de mesure de température un disque composé de deux métaux différents laminés ensemble. Ces deux métaux ont des coefficients de dilatation différents. Dès lors un disque bombé va progressivement changer de forme lorsque la température augmente jusqu'au moment où il passera brusquement de la forme concave à convexe. Lorsque la température redescend, il reprend de la même manière sa forme originale. Ce passage brusque actionne une lame de contact. Ces thermostats existent un unipolaire, bipolaire ou tripolaire. La technologie permettant d'obtenir des températures précises et des différentielles faibles est complexe et peu de constructeurs proposent des valeurs précises et des différentielles faibles.

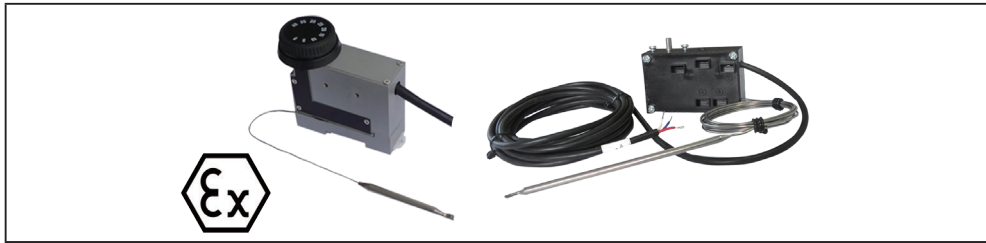


#### Thermostats à bulbe et capillaire de régulation à dilatation de liquide

Les trains thermostatiques des thermostats à bulbe et capillaire sont composés d'une enceinte fermée comportant un bulbe, un capillaire et un soufflet métallique. Le liquide (Huile ou métal liquide) situé à l'intérieur de cette enceinte, se dilate en fonction de la température et le soufflet se déforme en se gonflant. Cette déformation est transmise à un système de contact à rupture brusque. Le déplacement du soufflet par un axe fileté permet le réglage de la température. La rupture du capillaire entraîne la perte du liquide de remplissage, et en général dans ce cas, le contact reste en position fermée (à l'exception des thermostats dits à « sécurité positive »). Les plages les plus courantes vont de  $-35$  à  $+320^{\circ}\text{C}$ . Les températures supérieures, jusqu'à  $750^{\circ}\text{C}$  sont possibles mais nécessitent des liquides de remplissage supportant ces températures sans bouillir. Ces versions haute température (Plages au-dessus de  $400^{\circ}\text{C}$ ) utilisent un métal liquide comme produit de remplissage, en général un eutectique Sodium Potassium. En cas de rupture du bulbe ou du capillaire ce produit est inflammable au contact de l'eau ou de l'humidité atmosphérique, il est donc nécessaire d'en tenir compte dans leurs applications.

Les thermostats à capillaire sont sujets à une dérive parasite due aux variations de température sur le capillaire et sur le soufflet. La différentielle des thermostats à bulbe et capillaire n'est habituellement pas réglable, et est de l'ordre de 2.5% de leur plage de température. Ils existent en version unipolaire, bipolaire ou tripolaire.

Ils sont sujet à une dérive parasite du point de consigne, due à la dilatation du liquide se trouvant dans le capillaire et dans la tête du thermostat en fonction de la température ambiante.



#### **Thermostats à bulbe et capillaire de régulation avec contact antidéflagrant**

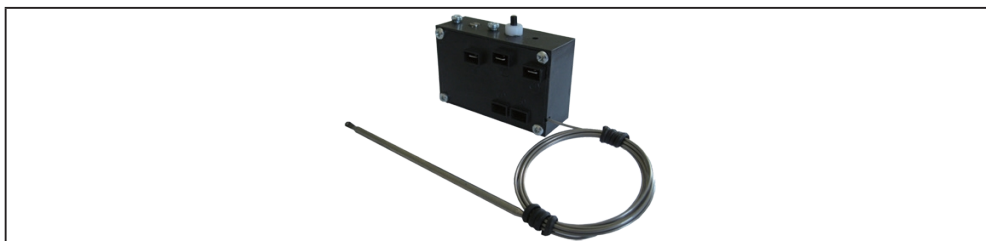
Construits sur la même base mécanique que les thermostats standards, et réalisables dans les mêmes plages de température, ces thermostats utilisent un micro-rupteur antidéflagrant. C'est une solution exclusive. L'avantage de ce système est d'éviter les lourds et coûteux boîtiers métalliques antidéflagrants IIB ou IIC, et de permettre le réglage du point de consigne sans avoir l'obligation de couper l'alimentation électrique. Les versions les plus simples de ces thermostats ont une sortie électrique par câble, dont le raccordement doit nécessairement s'effectuer dans un coffret à sécurité augmentée ou hors zone explosible. Les versions les plus récentes ont un boîtier de raccordement à sécurité augmentée « e » incorporé. Selon les modèles le pouvoir de coupure peut aller de 5A 250V, unipolaire inverseur jusqu'à 15A 400V. Des versions unipolaires et bipolaires existent.



#### **Limiteurs à bulbe et capillaire à température fixe, à dilatation de liquide**

Ces appareils fonctionnent sur un principe similaire aux thermostats, ne sont pas réglables, et comportent un poussoir de réarmement permettant de refermer le contact électrique lorsque celui-ci s'est ouvert à la suite d'une hausse de température. Il existe une variante de ces limiteurs dite à sécurité positive, qui ouvre automatiquement les contacts si le capillaire ou le bulbe sont percés ou coupés. La membrane du train thermostatique est artificiellement gonflée. Une fuite provoque le dégonflement de la membrane en dessous de sa cote nominale à la température ambiante, et un mécanisme spécial détecte ce déplacement anormal similaire à la mesure d'une température ambiante très basse. L'inconvénient de ce système est que ces limiteurs à sécurité se déclenchent aussi lorsque la température ambiante descend sous une certaine valeur, en général comprise entre -10 et -20°C. Le gonflement artificiel de la membrane ayant fortement augmenté le volume de liquide qu'elle contient, les rend aussi fortement sensibles à la température ambiante, avec des dérives pouvant atteindre 0.3°K/°K.

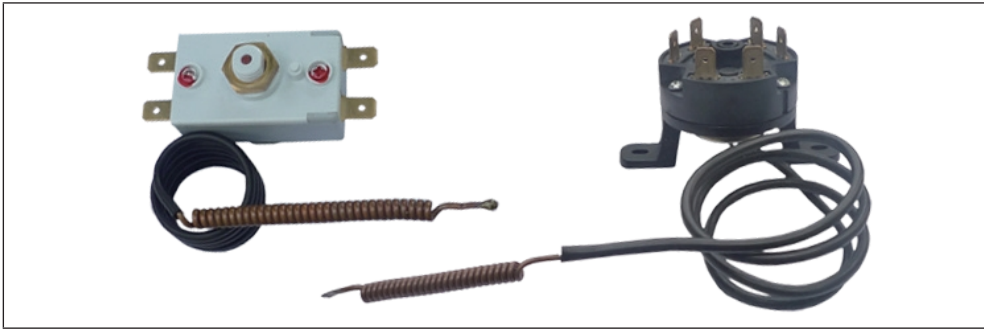
Ils peuvent être utilisés comme système de sécurité de surchauffe derrière un thermostat mécanique ou un régulateur électronique. Ils existent en version unipolaire, bipolaire, tripolaire et quadripolaire. Ils n'ont généralement que des contacts à ouverture par élévation de température.



#### **Limiteurs à bulbe et capillaire à réarmement manuel et température réglable, à dilatation de liquide**

Ces appareils fonctionnent sur le même principe que les thermostats de régulation, mais comportent un poussoir de réarmement permettant de refermer le contact électrique lorsque celui-ci s'est ouvert à la suite d'une hausse de température. Ils peuvent être utilisés comme système de sécurité de surchauffe derrière un thermostat

mécanique ou un régulateur électronique. Offrir des thermostats de ce type avec les mêmes plages de réglage que les thermostats de régulation, un contact inverseur (ce qui permet une signalisation du défaut sans relaying), et dans des plages jusqu'à 750°C.

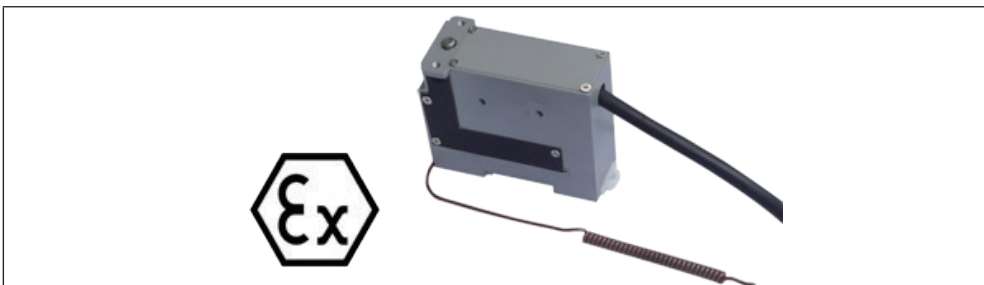


### **Limiteurs à bulbe et capillaire à température fixe, à tension de vapeur (aussi dits à ébullition)**

Ces appareils fonctionnent sur un principe différent des thermostats à dilatation de liquide. Ils fonctionnent selon un mécanisme simple, inventé il y a 50 ans par la société Wilcolator, combinant le passage brusque de la forme concave à convexe d'un disque métallique lié à la brusque augmentation de pression interne due à l'ébullition d'un liquide dans une enceinte fermée. Ce fonctionnement permet des mécanismes simples. La technologie réside dans la sélection des liquides avec des points d'ébullition différents. Les températures de déclenchement possibles sont limitées par les liquides utilisables. La longueur des capillaires est aussi limitée en raison des pertes de charges induites lors de l'ébullition, qui freinent son fonctionnement.

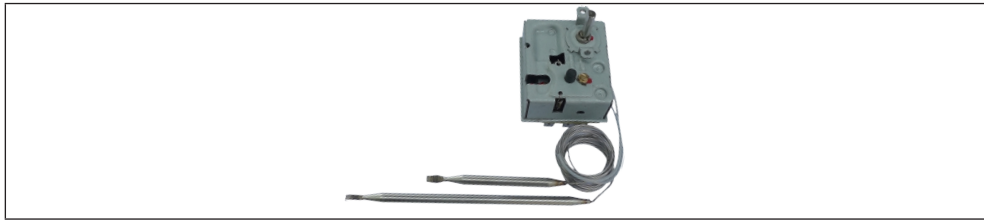
Il est nécessaire qu'un volume relativement important de liquide soit porté à l'ébullition pour provoquer le déclenchement. C'est la raison pour laquelle les capillaires sont spiralés à l'extrémité mesurant la température. Si les capillaires ne sont pas spiralés, il est nécessaire qu'au moins 30cm soit en contact avec le milieu à contrôler. Ils ne sont jamais réglables, et comportent un poussoir de réarmement permettant de refermer le contact électrique lorsque celui-ci s'est ouvert à la suite d'une hausse de température. Comme le remplissage est effectué sous vide, toute fuite dans le train thermostatique provoque le déclenchement du mécanisme. Ils ne sont pas, contrairement aux systèmes à dilatation de liquide, sensibles aux variations de température ambiante, et ne déclenchent pas lorsque la température baisse sous un seuil limite. Ils sont cependant sensibles aux variations de pression atmosphérique, ce qui limite leur emploi en altitude.

Ils peuvent être utilisés comme système de sécurité de surchauffe derrière un thermostat mécanique ou un régulateur électronique. Ils existent en version unipolaire, bipolaire, tripolaire et quadripolaire. Ils possèdent un contact à ouverture par élévation de température. Certains modèles ont un contact inverseur unipolaire ou bipolaire.



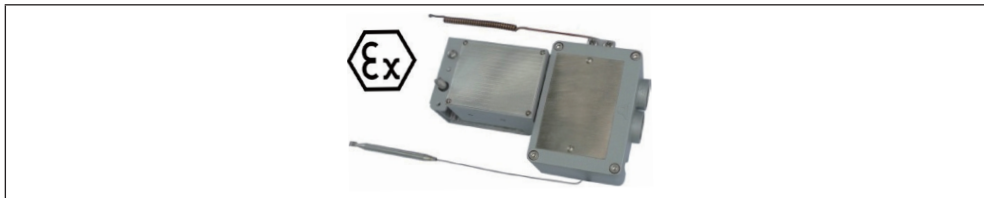
### **Limiteurs à bulbe et capillaire à sécurité positive avec contact antidéflagrant**

Construits sur la même base mécanique que les limiteurs à sécurité positive à ébullition, et réalisables dans les mêmes plages de température, ces thermostats utilisent un micro-rupteur antidéflagrant. L'avantage de ce système est d'éviter les lourds et coûteux boîtiers métalliques antidéflagrants IIB ou IIC. Les versions les plus simples de ces thermostats ont une sortie électrique par câble, dont le raccordement doit nécessairement s'effectuer dans un coffret à sécurité augmentée ou hors zone explosible. Les versions les plus récentes ont un boîtier de raccordement à sécurité augmentée « e » incorporé. Pouvoir de coupure peut aller de 16A 250V (bipolaire) à 15A 250/400V, unipolaire inverseur.



**Combinés thermostat et limiteur à bulbe et capillaire à température réglable, à dilatation de liquide**

Ces appareils fonctionnent sur le même principe que les thermostats de régulation, mais comportent un double bulbe, l'un servant à la régulation, l'autre à une sécurité à réarmement manuel. Ils possèdent un axe de réglage pour la régulation, et un poussoir de réarmement permet de refermer le contact électrique de la sécurité, lorsque celui-ci s'est ouvert à la suite d'une hausse de température. La consigne du seuil de sécurité est fixe. Les contacts sont uniquement à ouverture par élévation de température. Ils sont surtout utilisés dans les applications en triphasé, bien que des versions existent avec coupure unipolaire ou bipolaire. Il existe des versions de ces appareils où le contact à réarmement manuel est à sécurité positive, mais ils ont une forte dérive lorsque la température ambiante sur la tête varie, pouvant aller jusqu'à  $0.3^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$ , c'est-à-dire qu'une variation de température ambiante de  $10^{\circ}\text{C}$  sur la tête du thermostat provoque un changement de  $3^{\circ}\text{C}$  du point de consigne.



**Combinés thermostat et limiteur à bulbe et capillaire à température réglable, à dilatation de liquide et ébullition**

Ces appareils fonctionnent par dilatation de liquide pour la partie régulation de température, et utilisent l'ébullition pour la partie sécurité. De cette manière ils répondent aux impératifs de sécurité les plus stricts, les deux mécanismes fonctionnant selon des principes différents, et le phénomène de dérive sur la variation de température ambiante est éliminé sur le thermostat de sécurité. Ultimheat utilise cette solution pour ses thermostats combinés destinés aux applications antidéflagrantes.



**Fusibles thermiques (aussi nommés TCO, pour Thermal Cut Off)**

Les fusibles thermiques sont composés d'un système ouvrant, à une température donnée, et de manière irréversible, un contact électrique, en général par fusion d'une pastille métallique ou plastique. Leur point de déclenchement doit être sélectionné en fonction de la température normale de fonctionnement et suffisamment éloigné de celle-ci pour éviter des déclenchements intempestifs. Leur installation est difficile à mettre en œuvre. Une gamme de fusibles 16A 250V, câblés et isolés sous silicone, faciles à monter dans des doigts de gants.

**Information technique N°1 : Terminologie et vocabulaire**

Les normes EN60730 et EN 60335 définissent, quelquefois avec des différences, le vocabulaire à utiliser. Il est cependant souvent différent de celui utilisé dans la pratique.

**Vocabulaire courant :**

Point de consigne : La valeur réglée sur l'appareil de régulation de température, correspondant à la température à atteindre.

Différentielle : la différence de température entre l'ouverture du contact et sa fermeture.

Rupture brusque : ouverture et fermeture des contacts de manière instantanée.

Réarmement manuel : action de remettre par une intervention manuelle en position de chauffage des contacts ouverts par une élévation de température, et ne revenant pas

## Eléments de base sur les thermostats utilisés dans les circuits électriques

automatiquement en position fermée lorsque la température redescend.

Réarmement automatique : contact dont la fermeture est automatique lorsque la température redescend.

Régulateur automatique : contrôle automatique activé par un système de mesure sensible à la température.

### **Définitions des différents systèmes thermostatiques selon la norme EN60335-1**

§3.7.1 Thermostat : système de détection de température dont la température de fonctionnement peut être fixe ou réglable et qui pendant le fonctionnement normal maintient la température de la partie commandée entre certaines limites par ouverture et fermeture automatiques d'un circuit.

§3.7.2 Limiteur de température : Dispositif de mesure de température, la température de fonctionnement qui peut être fixe ou réglable et qui fonctionne pendant le fonctionnement normal par l'ouverture ou la fermeture d'un circuit lorsque la température de l'appareil contrôlé atteint une valeur prédéterminée.

REMARQUE : Il ne fait pas l'opération inverse au cours du cycle normal de l'appareil. Il peut ou peut ne pas exiger un réarmement manuel.

**Limiteur de température** : contrôle de détection de température destiné à maintenir une température inférieure ou supérieure à une valeur particulière dans des conditions de fonctionnement normales et pouvant prévoir un réglage par l'utilisateur.

Un limiteur de température peut être du type à réarmement automatique ou manuel. Il ne revient pas dans son état d'origine pendant le cycle de fonctionnement normal de l'appareil.

§3.7.3 Coupe-circuit thermique : dispositif qui, en fonctionnement anormal limite la température de la partie commandée par ouverture automatique du circuit, .....et est construit de telle sorte que son réglage ne peut pas être modifié par l'utilisateur.

**Sécurité thermique** : système de contrôle de température destinée à maintenir une température inférieure ou supérieure à une valeur particulière dans des conditions de fonctionnement anormales et qui ne prévoit pas de réglage par l'utilisateur. Elle peut être du type automatique, à réarmement manuel ou non réarmable.

§3.7.4 coupe-circuit thermique à réarmement automatique : coupe-circuit thermique qui rétablit automatiquement le courant lorsque la partie correspondante de l'appareil a suffisamment refroidi.

§3.7.5 Coupe-circuit thermique à réarmement non automatique : coupe-circuit thermique qui nécessite une opération manuelle, ou le remplacement d'une partie..

REMARQUE : l'opération manuelle inclut la déconnexion de l'appareil du réseau d'alimentation.

§3.7.6 Dispositif de protection : Dispositif, dont le fonctionnement empêche une situation dangereuse dans des conditions de fonctionnement anormales.

§3.7.7 Fusible thermique : coupe-circuit thermique qui fonctionne seulement une fois et nécessite un remplacement partiel ou complet.

**Limiteur de température à sécurité positive** : la sécurité positive sur un thermostat est définie par la norme EN60730-2-9§ 6.4.3.101, comme étant un dispositif de contrôle de température dans lequel une fuite du fluide de remplissage n'augmente pas la température de consigne. Plus généralement un système est dit à sécurité positive, lorsqu'une perte de fluide moteur (dont l'électricité) conduit l'équipement à se mettre en situation sécuritaire stable. La position de sécurité doit être maintenue dans le temps.

**Applications recommandées pour les thermostats** : Les normes IEC (EN) 60730-1 « Dispositifs de commande électrique automatiques à usage domestique et analogue » et en particulier IEC (EN) 60730-2-9-(2008) : « règles particulières pour les dispositifs de commande thermosensibles » sont les normes définissant les caractéristiques fonctionnelles des thermostats. L'annexe EE de la dernière version de cette norme décrit toutes les applications recommandées pour ces appareils.

### **Information technique N°2 : Extraits importants de normes applicables aux circuits de régulation ou de sécurité**

#### **Coupe électrique : (IEC 60335-1)**

§3.8.1 **Coupe omnipolaire** : ...La coupure des deux conducteurs par une seule opération, ou pour les appareils triphasés, la coupure des trois conducteurs par une

seule opération... Note : pour les appareils triphasés, le conducteur de neutre n'est pas considéré comme un conducteur d'alimentation.

**§22.2 : Coupure du conducteur de phase :** les systèmes de protection unipolaires coupant des résistances chauffantes dans un circuit unipolaire d'appareils de classe 01 et de classe 01 connecté en permanence, doivent être raccordés sur le conducteur de phase.

### **Couleur des conducteurs : (IEC 60446)**

§3.1 ... Pour l'identification des conducteurs, les couleurs suivantes sont autorisées : noir, brun, rouge, orange, jaune, vert, bleu, violet, gris, blanc, rose, turquoise.

§3.2.2 Conducteur neutre ou conducteur médian : Quand un circuit comprend un conducteur neutre ou un conducteur médian identifié par la couleur, la couleur utilisée pour cet usage doit être le bleu...

Note 2 – Aux Etats-Unis d'Amérique, au Canada et au Japon, l'identification par la couleur blanc ou gris naturel pour le conducteur médian ou neutre est utilisée comme remplacement pour l'identification par la couleur bleu clair.

§3.2.3 Conducteurs de phase à courant alternatif : Les couleurs noir et brun sont les couleurs préférées pour les conducteurs de phase à courant alternatif de systèmes.

§3.3.2 Conducteur de protection : La combinaison bicolore vert-et-jaune doit être utilisée pour l'identification du conducteur de protection à l'exclusion de tout autre usage. Le vert-et-jaune est la seule combinaison de couleurs reconnue pour l'identification du conducteur de protection

Note 2 – Aux Etats-Unis d'Amérique, au Canada et au Japon, l'identification par la couleur verte pour le conducteur de protection est utilisée comme remplacement pour l'identification par la combinaison bicolore vert-et-jaune.

### **Sécurité positive, sécurité fonctionnelle, niveaux de sécurité :**

Il est requis par la directive Européenne 97/23 relative aux générateurs de chaleur, équipements sous pression et chaudières dans les termes suivants : « Les procédures d'évaluation de la conformité et les exigences essentielles de sécurité de la directive s'appliquent à la chaîne de sécurité complète. Les exigences relatives au capteur lui-même peuvent être différentes selon le concept de sécurité considéré, par exemple la redondance ou la sécurité positive ». De nombreuses normes « produits » de la série IEC (EN) 60335-xxx requièrent ce type de sécurité

**Définitions relatives à la sécurité fonctionnelle :** cette notion a été introduite par la norme CEI 61508 :1998. « Sécurité fonctionnelle des systèmes de commande électrique, électronique et électronique programmable » Cette norme définit les exigences et les dispositions relatives à la conception de systèmes et sous-systèmes électroniques et programmables complexes. Il s'agit d'une norme générale qui peut être utilisée dans tous les secteurs industriels. Les catégories de protection des équipements thermiques ont été classées en trois niveaux par l'ancienne norme EN 954-1.

**Le niveau 1** comprend essentiellement l'instrumentation de contrôle du processus : capteurs de température, thermostats, régulateurs, programmeurs. Ce niveau 1 assure la conduite soit de façon permanente, soit selon une séquence par commandes programmées initialisées par l'opérateur. (Par exemple : thermostats de régulation à disque, bimétalliques, à bulbe et capillaire, régulateurs électroniques de température)

**Le niveau 2** comprend essentiellement une instrumentation de composition voisine de celle du niveau 1, mais totalement indépendante fonctionnellement de ce niveau. Ce niveau 2 assure la protection du processus selon une fonction discontinue non systématique, c'est-à-dire non initialisée par l'opérateur, à partir d'informations de dépassement de seuils sur des paramètres critiques du processus. (Par exemple, thermostat à disque+ limiteur à disque, limiteurs de température à bulbe et capillaire + thermostat de régulation à bulbe et capillaire, doubles régulateurs électroniques).

**Le niveau 3** constitue la protection ultime du processus. Il ne contient pas d'instrumentation identique à celles des niveaux 1 et 2, mais des dispositifs fonctionnant sans énergie auxiliaire. (Par exemple : Limiteurs à température fixe à réarmement manuel ou automatique sur des circuits contrôlés par des régulateurs électroniques, fusibles thermiques sur des systèmes contrôlés par des thermostats à disque, à bulbe et capillaire, ou par des régulateurs électroniques).

### **Information technique N°3 : Les différentes valeurs normatives de durée de vie électrique des thermostats**

Dans les spécifications d'un thermostat électromécanique, la durée de vie probable est décrite en termes de durée de vie mécanique et durée de vie électrique.

#### **Durée de vie électrique :**

Ceci est spécifié comme un nombre minimum de cycles (action d'ouverture et de fermeture) que le contact fera en ouvrant et fermant le circuit sous la charge spécifiée sans se coller ou se souder, et en restant dans les caractéristiques électriques de l'appareil.

#### **Durée de vie mécanique :**

Il s'agit du nombre d'opérations qu'un thermostat peut être appelé à accomplir en conservant son intégrité mécanique. La durée de vie mécanique est normalement testée sans charge ni tension appliquée aux contacts, et son étude ne fait pas partie du présent document.

Les pouvoirs de coupure sont fonction de nombreux paramètres tels que la configuration des contacts, leur composition, la vitesse de rupture, la fréquence de rupture, les conditions environnementales température, humidité, altitude etc.... Les normes IEC61058-1, (Interrupteurs pour appareils) UL 1054, CSA22.55 ont tenté de normaliser les pouvoirs de coupure généraux. Les normes IEC 60730-x ont défini des méthodes d'essai et des classes différentes de durée de vie (nombre de cycles) pour les appareils de régulation et de sécurité.

Ces classes sont : 300 000, 200 000, 100 000, 30 000, 20 000, 10 000, 6 000, 3 000 (1), 1000(1), 300 (2), 30(2)(4), 1 (3).

1) N'est pas applicable aux thermostats de régulation et autres appareils cyclant rapidement 2) Applicable uniquement aux appareils à réarmement manuel

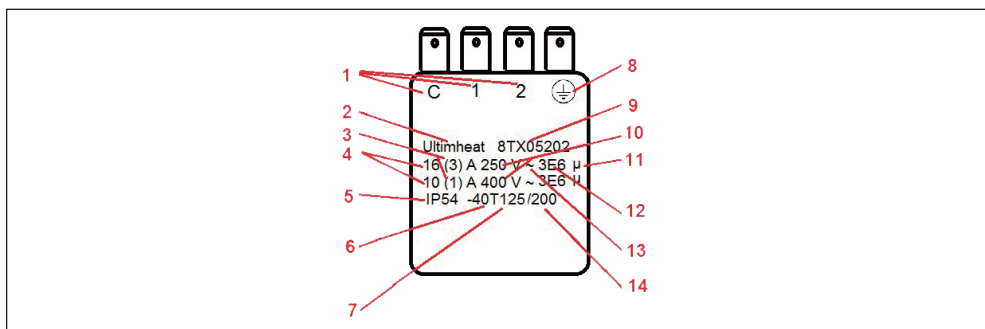
3) Applicable uniquement aux appareils où il est nécessaire de remplacer une pièce après chaque déclenchement

4) Peut être uniquement réarmé par une intervention du constructeur

Ces durées de vie nominales sont à considérer comme les valeurs de base maximale pour la plupart des applications. Ci-dessous sont décrites les limitations qui s'appliquent pour des applications différentes.

Le pouvoir de coupure des thermostats est donné dans leurs fiches techniques pour une application sur une charge résistive en 250 ou (et) 400V, et un nombre de cycles donné. Lorsque la place est suffisante, ces valeurs sont imprimées sur l'appareil. Dans la plupart des cas seules les valeurs obligatoires sont indiquées, et le nombre de cycles n'est qu'exceptionnellement précisé alors que c'est un paramètre essentiel pour évaluer la durée de vie de l'appareil.

### **Information technique N°4 : Explication des inscriptions normalisées sur un thermostat, selon IEC60730-1 § 7-2**



1 : Identification de bornes qui sont appropriée pour le raccordement des conducteurs externes, et si elles sont appropriées pour la phase ou le conducteur de neutres, ou les deux.

L doit être utilisé pour la phase au Royaume-Uni, mais aucune restriction pour les autres pays.

N doit être utilisé pour les bornes de neutre (Tous pays)

2 : Nom du fabricant ou marque

3 : Pouvoir de coupure inductif avec un facteur de puissance = 0,6 (lorsque la valeur inductive n'est pas imprimé, les contacts peuvent être utilisés pour une charge inductive, à condition que le facteur de puissance ne soit pas inférieur à 0,8, et que la charge



## Eléments de base sur les thermostats utilisés dans les circuits électriques

inductive ne dépasse pas 60 % du courant résistif nominal.)

4 : Pouvoir de coupure résistif avec un facteur de puissance de  $0,95 + / - 0,05$ .

5 : Degré de protection procuré par l'enveloppe, ne s'applique pas aux appareils classés IP00, IP10, IP20, IP30 et IP40.

6 : Limite maximale de température ambiante sur la tête d'interrupteur ( $T_{max}$ ), si autre que  $55^{\circ}C$ .

7 : Limite minimale de température ambiante sur la tête d'interrupteur si inférieure à  $0^{\circ}C$

8 : Identification de la borne de terre (si existant)

9 : Référence unique identifiant le produit

10 : Tension nominale ou plage de tension en volts (V) (L'impression de la fréquence est obligatoire si elle est autre que 50 Hz à 60 Hz inclus).

11 : Micro-coupure (ouverture de contact réduite) L'impression n'est pas obligatoire.

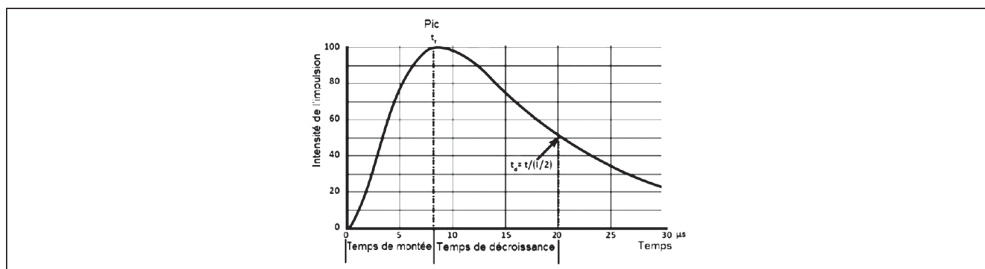
12 : Nombre de cycles de manoeuvre pour chaque action manuelle (Pour thermostat à réarmement manuel).

Nombre de cycles automatiques pour chaque action automatique (pour thermostat de régulation). L'impression n'est pas obligatoire.

13 : Pour utilisation sur circuit alternatif, 50 à 60 Hz inclus.

14 : Limites de température de la surface de l'organe de mesure ( $T_s$ ) si elle est supérieure à 20 K au-dessus  $T_{max}$ .

### **Information technique N°5 : Réduction du pouvoir de coupure dans les circuits inductifs**



#### **Surtensions transitoires :**

La quantité de courant électrique qui circule à travers le contact influe directement sur la vie du contact. Les surtensions transitoires sont des paramètres critiques auxquels doit résister le contact lorsqu'elles se produisent dans des circuits inductifs. Elles produisent une onde de surtension qui a généralement une largeur d'impulsion de 20 à 50  $\mu s$ . L'impulsion de surtension est définie par son intensité et sa largeur. La largeur nominale est le temps mesuré à partir du début de l'impulsion jusqu'au moment où l'intensité est descendue à 50% de la valeur maximale.

La figure montre une surtension transitoire de  $8/20\mu s$

#### **Coupure du courant alternatif ou continu :**

Lorsqu'un thermostat coupe une charge inductive, une force électromotrice relativement grande (Force contre-électromotrice) est générée dans le circuit. Plus cette force est importante, plus elle détériore les contacts. Cet effet a une grande importance lorsque les thermostats sont utilisés dans les circuits à courant continu, et se traduit par une diminution significative du pouvoir de coupure. Contrairement aux applications en courant alternatif, le contact ne passe pas par un point avec une tension nulle lors de son action. De ce fait, une fois que l'arc a été établi, il ne décroît pas rapidement. En outre, le flux unidirectionnel du courant dans un circuit à courant continu peut provoquer un transfert de métal entre les contacts et provoquer leur usure accélérée.

#### **Courants induits par les moteurs :**

Lors du démarrage, un moteur peut avoir un courant d'appel 600% à son courant nominal. Par exemple, un moteur avec un courant nominal de 3 ampères peut requérir jusqu'à 18 ampères ou plus lors du démarrage. En outre, en cas de déconnexion, un moteur agit comme un générateur de tension car il ralentit jusqu'à l'arrêt. En fonction du moteur, il peut réinjecter dans le circuit une tension bien supérieure à la tension de ligne nominale. Ces tensions apparaissant sur les contacts peuvent provoquer un arc destructeur amenant une défaillance précoce du contact.

#### **Courants induits par les lampes à incandescence :**

Les lampes à incandescence, à filament de tungstène, peuvent, lors de l'allumage à froid,

provoquer une surintensité de 10 à 15 fois la valeur nominale

### Courants inducifs induits par les transformateurs :

Lorsque l'alimentation est coupée dans le circuit d'un transformateur, son noyau peut contenir un magnétisme rémanent. Si le courant est rétabli lorsque la tension est de la même polarité que celle de l'aimantation rémanente, le noyau peut passer en saturation au cours de la première moitié du cycle de puissance. En conséquence, l'inductance sera minimale et un courant d'appel pouvant aller jusqu'à 1,000% peut survenir pendant quelques cycles jusqu'à ce que le noyau ne soit plus saturé. Comme pour les moteurs, lorsque l'alimentation d'un transformateur est coupée, le transformateur produira un force contre électromotrice pouvant initier un un arc destructeur entre les contacts.

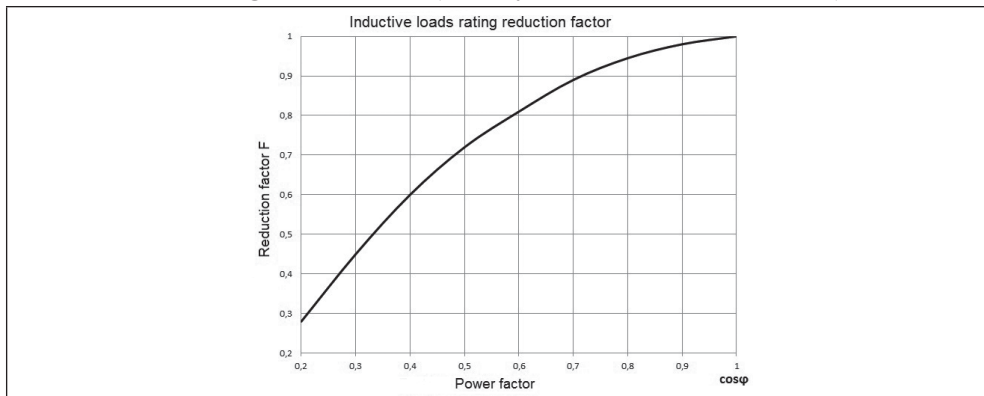
### Charges capacives de ligne :

Cela se produit quand un thermostat est situé à une distance considérable de la charge à commuter. Au moment où le contact se ferme, la capacité du câble se charge avant que le courant circule. Au niveau des contacts, cet effet peut être comparé à un court-circuit, augmentant l'intensité bien au-delà de ce que peut supporter le contact.

### Systèmes de suppression d'arc.

Dans toutes ces applications ou sont présentes des charges fortement inductive, des systèmes de suppression d'arc sont recommandés. Ces systèmes sont décrits dans nos fiches techniques.

### Information technique N°6 : Facteur de correction moyen lors de l'utilisation de charges inductives (sans système de réduction d'arc)

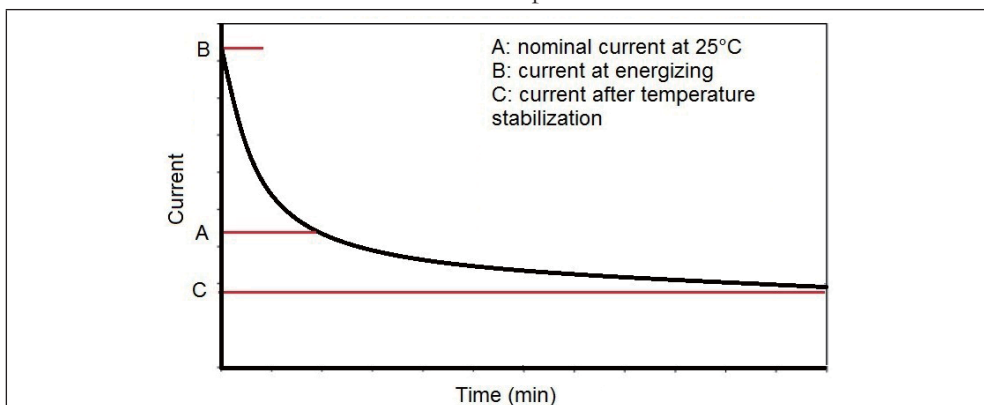


### Information technique N°7 : Pointes de courant des câbles auto-régulants

Il s'agit ici d'un effet complètement différent des surtensions et surintensités transitoires dues à l'interaction des contacts avec la charge.

Cette surintensité est due à la conception des câbles autorégulants à coefficient de température positif et cette surintensité peut prendre plusieurs minutes à se dissiper.

Souvent le câble chauffant est à une température relativement basse (et donc sa résistance électrique est faible) lorsqu'il est mis sous tension. Sa faible résistance produira un fort courant de démarrage, inversement proportionnel à la température ambiante. Cette surintensité peut atteindre 2 fois la valeur nominale à 25°C donnée par le fabricant. Se référer aux notices des constructeurs de câbles pour en connaître la valeur.



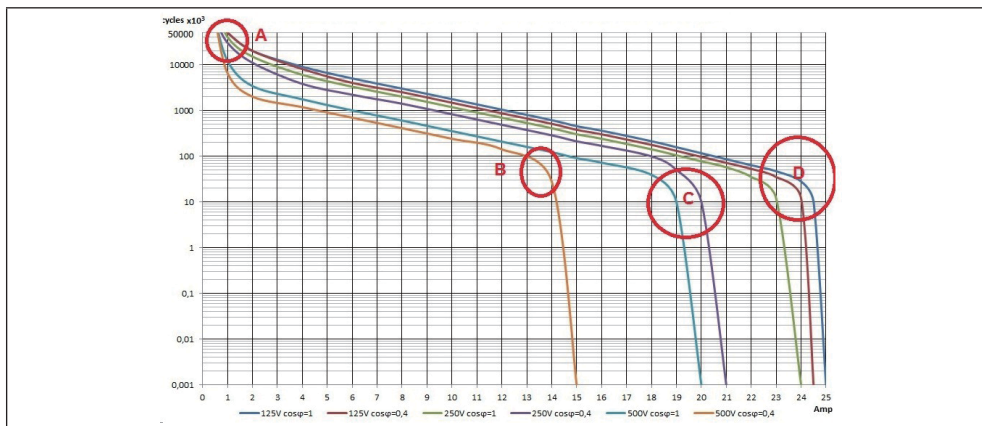
**Information technique N°8 : Valeur indicative moyenne des coefficients de réduction des pouvoirs de coupure**

Charge résistive	Lampe à incandescence**	Bobine électromagnétique	Transformateur	Moteur monophasé	Moteur triphasé	Câbles chauffants autorégulants*
1	0.8	0.5	0.5	0.12/0.24	0.18/0.33	0.6

\* Valeur moyenne, variable selon la température ambiante des câbles au démarrage, voir les noies des constructeurs et la norme CEI60898

\*\* avec filament chaud.

**Information technique N°9 : Durée de vie moyenne du contact électrique d'un thermostat 15A 250V, 300.000 cycles**



Valeurs indicatives moyennes, pour un mécanisme à rupture brusque, avec contacts en argent.

**Points caractéristiques :**

A : zone de rupture mécanique de la lame de contact par faigue du metal.

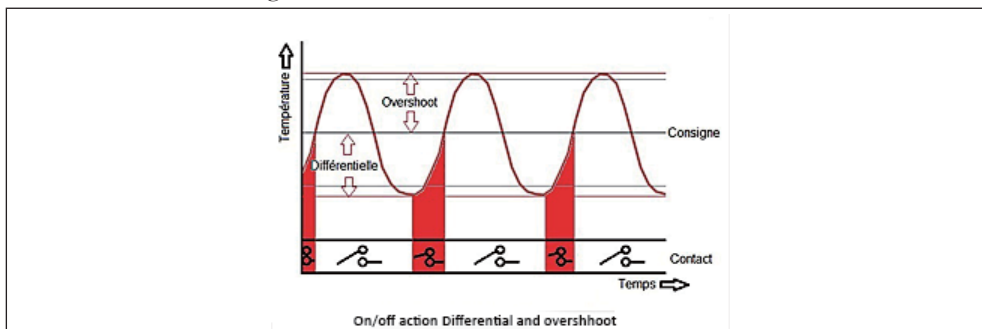
B : Zone de fusion rapide des contacts due au cumul courant inductif, tension élevée et intensité importante.

C : Zone de détérioraion rapide des contacts due aux arcs importants.

D : Zone de détérioraion des contacts due à l'échauffement de la lame de contact par effet Joule et à la perte de ses caractéristiques élastique, combinée aux arcs électriques importants.

**Information technique N°10 : Les différents modes de régulation.**

Alors que les thermostats ne fonctionnent en général que sous le mode tout ou rien, les régulateurs électroniques peuvent réguler selon deux modes principaux : l'acjon tout ou rien avec diférenielle réglable, ou l'acjon PID.



**L'acjon tout ou rien**

Dans l'acjon tout ou rien, le chauffage est coupé lorsque le point de consigne est atteint, et remis en marche lorsque la température descend en dessous de la valeur du point de consigne diminuée de la diférenielle. C'est le mode de fonctionnement classique des thermostats mécaniques. Le bon fonctionnement de ce mode dépend principalement du bon positionnement du capteur de température, à proximité de la source de chaleur, et de la bonne concordance entre la puissance de chauffe et le besoin du milieu à réchauffer. L'acjon tout ou rien ne permet pas habituellement, d'éviter une pointe de temperature (Over-shoot) après la coupure du chauffage, due à l'inertie thermique du système.

**Diférenielle réglable :** on associe souvent diférenielle faible avec précision de régulaion. Cependant, une diférenielle trop faible aura comme conséquence des cycles de chauffe courts, et une usure premature des contacts si un relais de puissance est uilisé, ou une dégradaion rapide du compresseur si le système est uilisé pour réguler un appareil frigorifique. Les régulateurs électroniques ont une diférenielle réglable pour optimiser ce fonctionnement.

**L'acion PID** (Acronyme de : proportionnelle, intégrale et dérivée).

L'acion PID est un mode de régulaion qui fait intervenir la noion de Feed-back. En simplifiant, cela veut dire que le régulateur va analyser ce qu'une quantité d'énergie fournie au système thermique va produire comme élévaion de température, et en combien de temps cete élévaion de température va se produire. Cete acion fait appel à trois réglages diférents :

**Bande proporionnelle :** la bande proporionnelle est une zone située avant le point de consigne, dans laquelle le régulateur électronique va progressivement diminuer la puissance qu'il fournit au système thermique. A l'extrémité la plus éloignée du point de consigne, la puissance sera de 100%, pour arriver à 0% lorsque le point de consigne est atteint. Le but de la bande proporionnelle est d'éviter le phénomène d'over-shoot. Cete variation de puissance est obtenue en diminuant progressivement les temps de mise en chauffe au fur et à mesure que la température se rapproche du point de consigne. Plus la bande proporionnelle est large, plus il faudra du temps pour arriver au point de consigne. Une acion uniquement proporionnelle est insuisante car elle ne permet en général pas d'ateindre le point de consigne, la stabilisaion de température se faisant en dessous de celui-ci en raison des échanges et pertes thermiques.

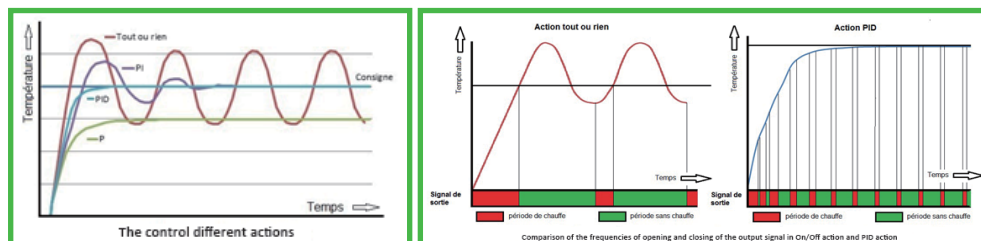
Ce défaut de l'acion proporionnelle est corrigé par l'acion intégrale. Cete acion intégrale va coninuer à fournir un signal de commande de chauffage aussi longtemps que la température du système thermique n'est pas égale à celle de point de consigne. Pour cela elle intègre aussi le temps nécessaire au système pour monter en température.

Cete acion est égale à l'intégrale de l'écart à la consigne divisée par une constante de temps. Cete constante de temps correspondant au réglage de I. Lorsque le temps intégral est réglé sur 0, on obient une acion proporionnelle simple.

Cete acion proporionnelle et intégrale permet d'ateindre la valeur de la consigne après quelques oscillations lors du démarrage du processus.

On peut limiter celles-ci en introduisant une autre correction : l'acion dérivée, qui permet d'aniciper les dépassements de consigne.

L'acion dérivée règle la puissance de sortie d'après la courbe de variaion de température. Elle consiste à prédire les variaions de température en foncion des acions précédentes du signal de sortie, ce qui permet de compenser les temps de réponse dus à l'inertie thermique, accélère la réponse du système et améliore la stabilité de la boucle, en permettant notamment un amorissement rapide des oscillations dues à l'appariion d'une perturbation ou à une variaion subite de la consigne.



Si l'acion PID permet d'ainer la régulaion dans un certain nombre de coniguraions, elle a cependant l'inconvénient de faire cycler le signal de sortie très rapidement, ce qui réduit fortement la durée de vie des contacteurs électromécaniques, et oblige dans la plupart des cas à recourir à des relais statiques.

**La foncion Auto-tune (auto réglable) :** la déterminaion des paramètres P, I, D, possible par calcul ou par approximaions successives, est une opéraion fastidieuse et complexe. Dans la nouvelle généraion de régulateurs auto-tune, ces régulateurs vont analyser la manière dont le système thermique va réagir au cours de deux cycles de fonctionnement tout ou rien, puis calculer automatiquement les paramètres optimum de P, I, D.