

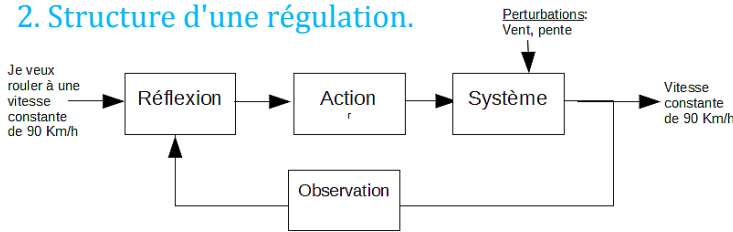


A retenir

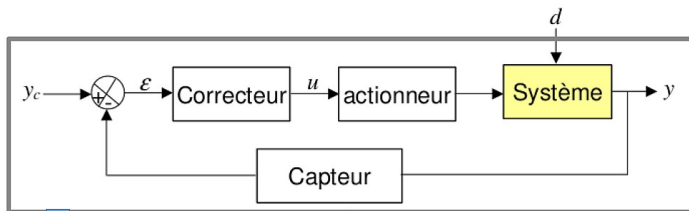
1. Quel est le principe ?

C'est être capable d'agir sur un objet pour obtenir un résultat qui ne variera que très peu, même si l'environnement où il se trouve le perturbe. Ex: conduire une voiture à une vitesse constante.

2. Structure d'une régulation.



Cet ensemble constitue un **asservissement** ou **système asservi**



La représentation normalisée

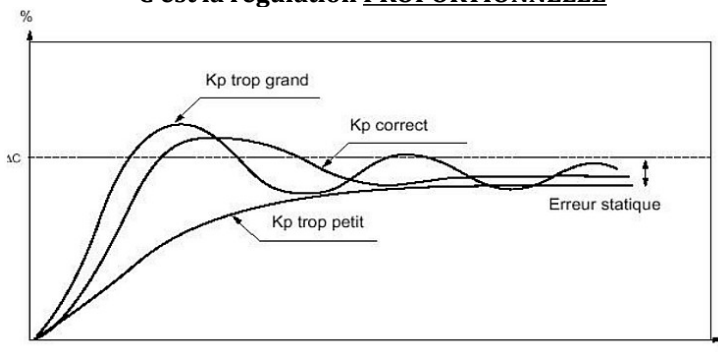
- y_c**: consigne
- ε = y_c - y**: signal d'erreur (écart entre consigne et sortie du système)
- Correcteur**: élabore la loi de commande u
- Actionneur**: applique la commande au système. Joue en général le rôle d'amplificateur de puissance
- y**: sortie du système ou grandeur à asservir
- d**: perturbations (valeurs imprévisibles en général)

3. Régulation Proportionnelle.

Je roule à 50 Km/h, je veux atteindre 130 Km/h, je dois accélérer fort pour atteindre 130 Km/h le plus rapidement.
Je roule à 100 Km/h, je veux atteindre 130 Km/h, je dois accélérer modérément pour atteindre 130 Km/h le plus rapidement.

La pression sur l'accélérateur est donc proportionnelle à la différence entre la vitesse voulue et la vitesse réelle (erreur=consigne-vitesse réelle = 130 - 50 = 80 Km/h).

C'est la régulation **PROPORTIONNELLE**

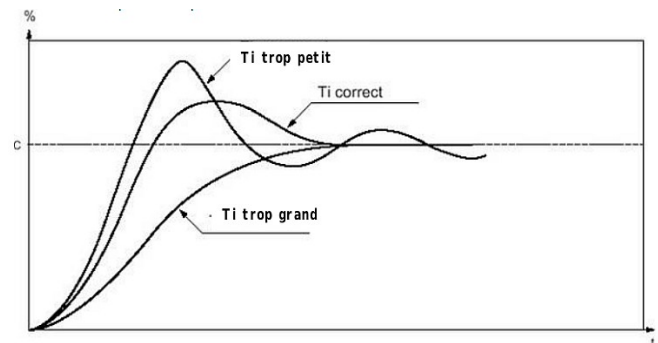


La commande de ce régulateur est proportionnelle à l'erreur.
commande = Kp x erreur
Kp est le coefficient de proportionnalité de l'erreur à régler de façon manuelle.

4. Régulation Proportionnelle Intégrale.

Je n'arrive pas à atteindre la vitesse voulue. Du coup, vous décidez que si votre vitesse reste longtemps sous l'objectif, vous accélérez de plus en plus fort. Vous décidez donc qu'en plus d'accélérer proportionnellement à l'erreur commise, vous allez aussi **mémoriser cette erreur** au cours du temps. Plus l'erreur globale est importante et plus vous accélérez.

C'est le régulateur **PROPORTIONNEL INTEGRAL**.



On rajoute à la commande générée par le régulateur proportionnel, la somme des erreurs commises au cours du temps.

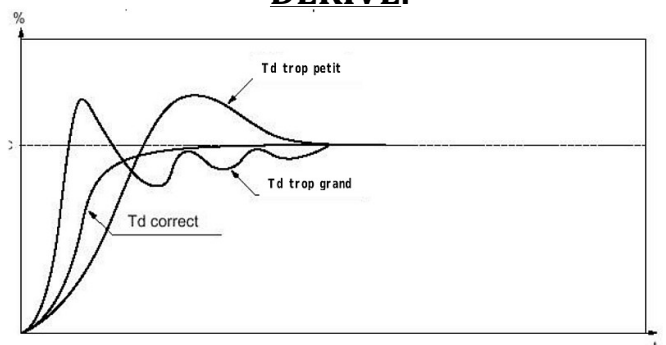
$$\text{commande} = (\text{Kp} \times \text{erreur}) + (\text{Ki} \times \text{somme_erreurs})$$

Ki est le coefficient de proportionnalité de la somme des erreurs. Il faut aussi le régler de façon manuelle.

5. Régulation Proportionnelle Dérivée.

Ne peut-on pas être plus performant? C'est alors que vous décidez d'anticiper votre vitesse. Plus votre vitesse se rapproche de la vitesse optimale, moins vous accélérez et moins elle se rapproche de la vitesse optimale, plus vous accélérez !

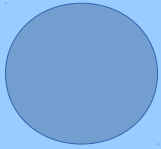
C'est le régulateur **PROPORTIONNEL DERIVE**.



La commande prend en compte en plus du proportionnel, la différence entre l'erreur courante et l'erreur précédente (c'est une approximation)

$$\text{commande} = (\text{Kp} \times \text{erreur}) + (\text{Kd} \times (\text{erreur} - \text{erreur_précédente}))$$

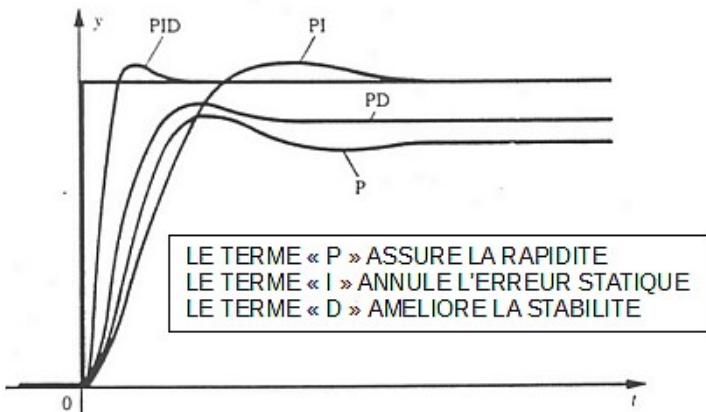
Kd est le coefficient de proportionnalité de la variation de l'erreur. Il faut régler ce coefficient manuellement.



A retenir

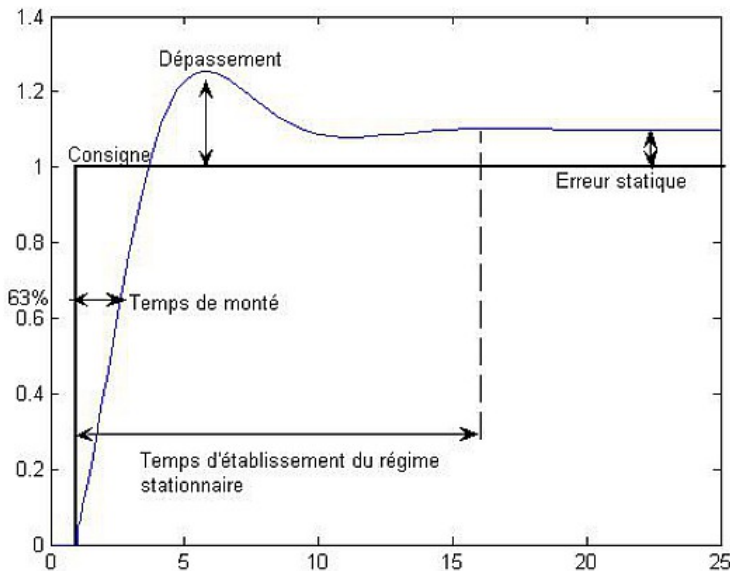
6. La régulation PID

Ici, la commande est à la fois proportionnelle à l'erreur, proportionnelle à la somme des erreurs et proportionnelle à la variation de l'erreur.



$$\text{commande} = (K_p \times \text{erreur}) + (K_i \times \text{somme_erreurs}) + (K_d \times (\text{erreur} - \text{erreur_précédente}))$$

4.1. Le PID en détail..



Le dépassement, c'est le rapport entre le premier pic et la consigne. Ce dépassement diminue si K_p ou K_i diminue ou si K_d augmente.

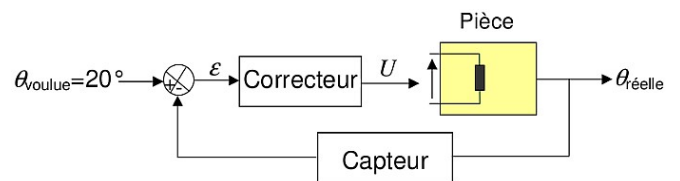
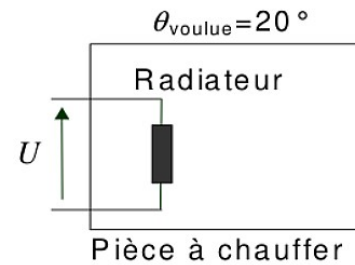
Le temps de montée correspond au temps qu'il faut pour arriver ou dépasser la consigne. Le temps de montée diminue si K_p ou K_i augmente ou si K_d diminue.

Le temps de stabilisation, c'est le temps qu'il faut pour que le signal commette une erreur inférieure à 5% de la consigne. Ce temps de stabilisation diminue quand K_p et K_i augmentent.

L'erreur statique, c'est l'erreur finale une fois que le système est stabilisé. Cette erreur doit être nulle. Pour diminuer l'erreur statique, il faut augmenter K_p et K_i .

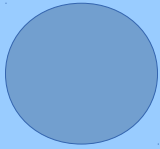
7. Exemple: pièce à chauffer.

Comment agir automatiquement sur la tension U pour avoir en permanence une température de 20°C ?



Comment ça marche ?

Le capteur indique la température de la pièce. Cette température est comparée à une consigne (t° souhaitée). Si $\epsilon < 0$ alors il fait trop chaud dans la pièce donc le système corrige la $t^\circ\text{C}$ en coupant la tension ($U=0$). Si $\epsilon > 0$, il ne fait pas assez chaud dans la pièce, donc le système corrige la $t^\circ\text{C}$ en mettant sous tension ($u=230\text{V}$). Si $\epsilon=0$ alors le système ne corrige rien (U reste dans son état précédent).



Exercice N°1

(Sujet E2 2009)

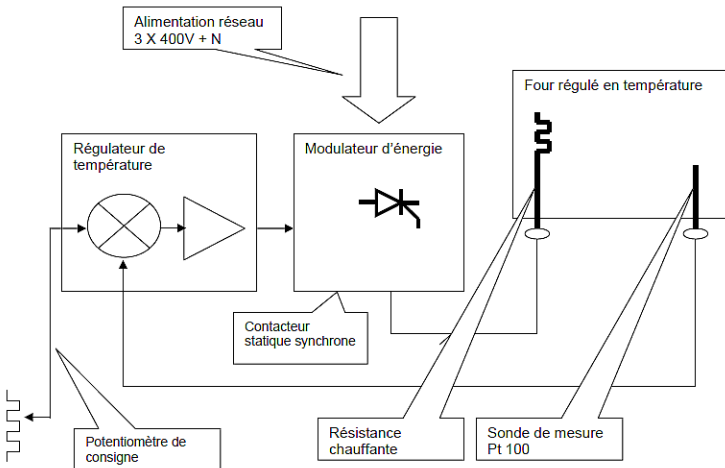
PRESENTATION :

A partir des ressources fournies et des indications du sujet, la partie régulation en température du four sera étudiée dans ses aspects technologiques et fonctionnels afin de prévenir les éventuels problèmes à la mise en service.

PROBLEME :

Déterminer les grandeurs électriques, les choix technologiques et les grandeurs réglantes (mode proportionnel) permettant d'assurer le fonctionnement optimal de la régulation en température du four. L'effecteur de chauffe est constitué de **3 éléments résistants** identiques couplés sous 400 V.

1) Compléter le synoptique de la boucle de régulation du four en indiquant le nom des composants



Étalonnage de la sonde de température PT100.

2) Contrôle de l'étalonnage de la sonde préalablement à la mise en service. Calculer les valeurs de résistance de la sonde en fonction des données ci-dessous (tolérance constructeur : +/- 0,4° C)

Température	Formule	Valeur de la résistance
T = 0° C	$R = 100 + (0.385 \times 100)$	R = 100 Ω
T = 100° C		R = 138.5 Ω

3) A 20°C, on a mesuré une valeur de résistance de PT 100 de 108.

Valeur théorique de la résistance à 20°C	Valeur mesurée de la résistance à 20°C	Valeur de la tolérance (calculée en Ω)
R = 107.7 Ω	R = 108 Ω	$\Delta R = 0.154 \Omega$

4) Justifier la conformité (ou la non conformité) de la valeur de la sonde :

Conforme

Pas conforme

Justifier :

L'écart entre la valeur réelle et la valeur mesurée est supérieure à la tolérance constructeur, donc la sonde est non conforme.

Contrôle et réglage de la boucle de régulation en mode proportionnel.

4) Déterminer les valeurs remarquables de cette régulation

Valeur de la température de consigne :	70° C
Valeur de la bande proportionnelle Bp :	40° C
Valeur de température d'entrée dans la bande proportionnelle :	30° C

5) Compléter le tableau de puissance en fonction du cycle de commande appliqué au contacteur statique.

Point de fonctionnement	A	B	C	D	E
Pourcentage de la réponse	100 %	75%	50%	30%	0%
Puissance fournie	10kW	7,5 kW	5 kW	3 kW	0 kW
Cycle de commande α	1	0,75	0,5	0,3	0

6) Calculer la valeur du gain dans notre réglage actuel

Gain K = 2,5

7) Déterminer la valeur du paramètre Xp à saisir sur le régulateur pour obtenir le nouveau gain souhaité :

$X_p = 100 / 3 = 33.3$

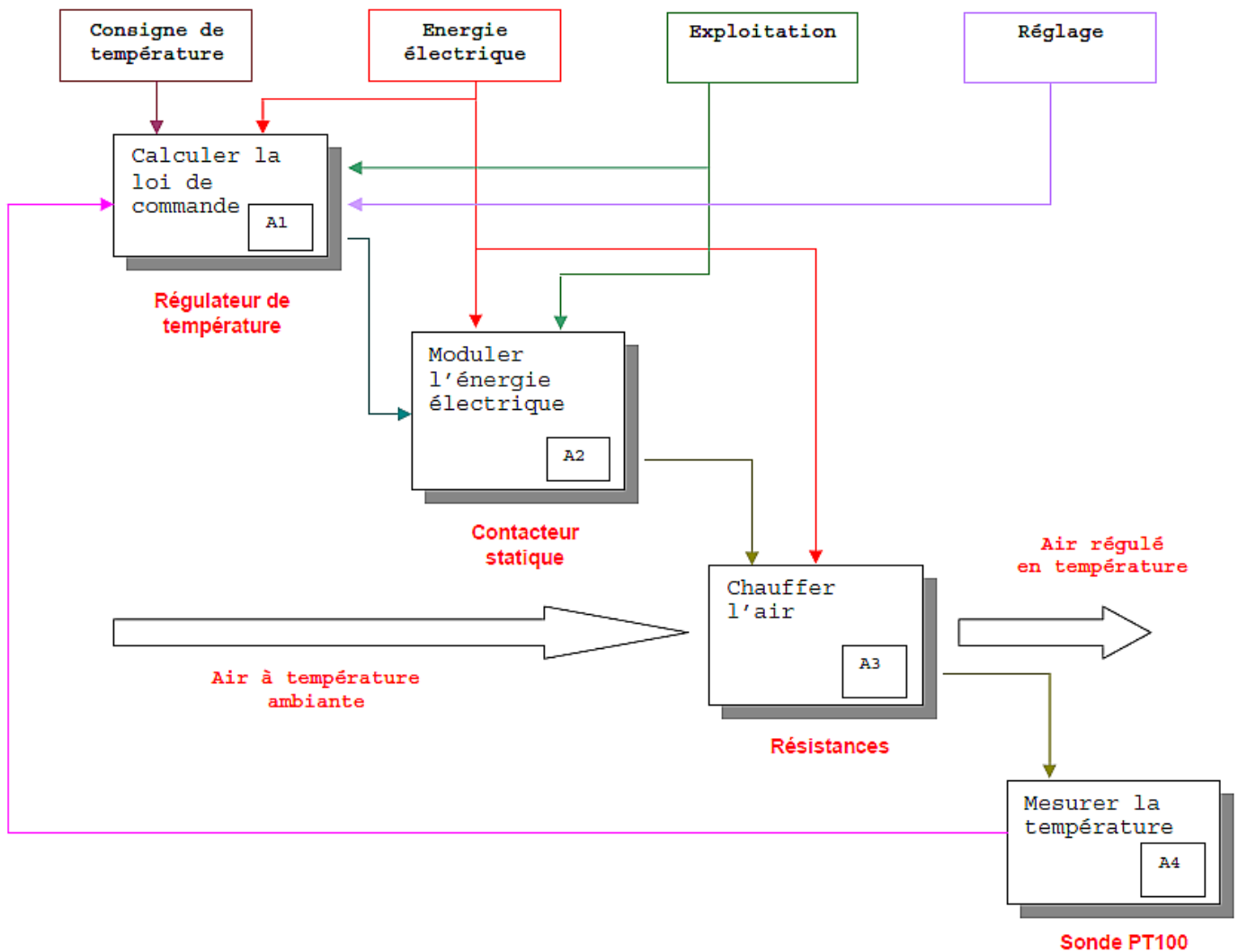
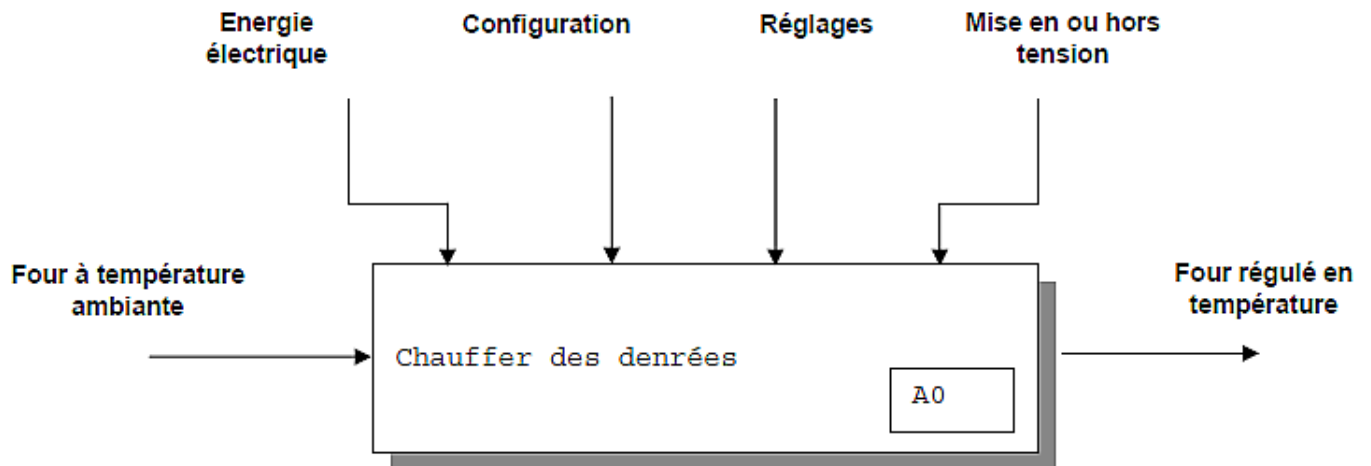
8) Que peut-on craindre en augmentant encore le gain ?

« pompage » du système (instabilité) autour de la consigne en raison d'une réaction trop rapide.



Annexes exercice n°1

Analyse fonctionnelle :





Annexes exercice n°1

Four de cuisson – Capteur de température – Sonde PT100



La Sonde PT100 : résistance variable en platine (*PT*) en fonction de la température du milieu (100Ω à 0°C). Etalonnage à des températures connues (changement d'état) et à une pression donnée. (P_{atm})

On peut représenter la variation de la résistance de la sonde **PT100** en fonction de la température du milieu par la relation : $R = R_0 + a T$

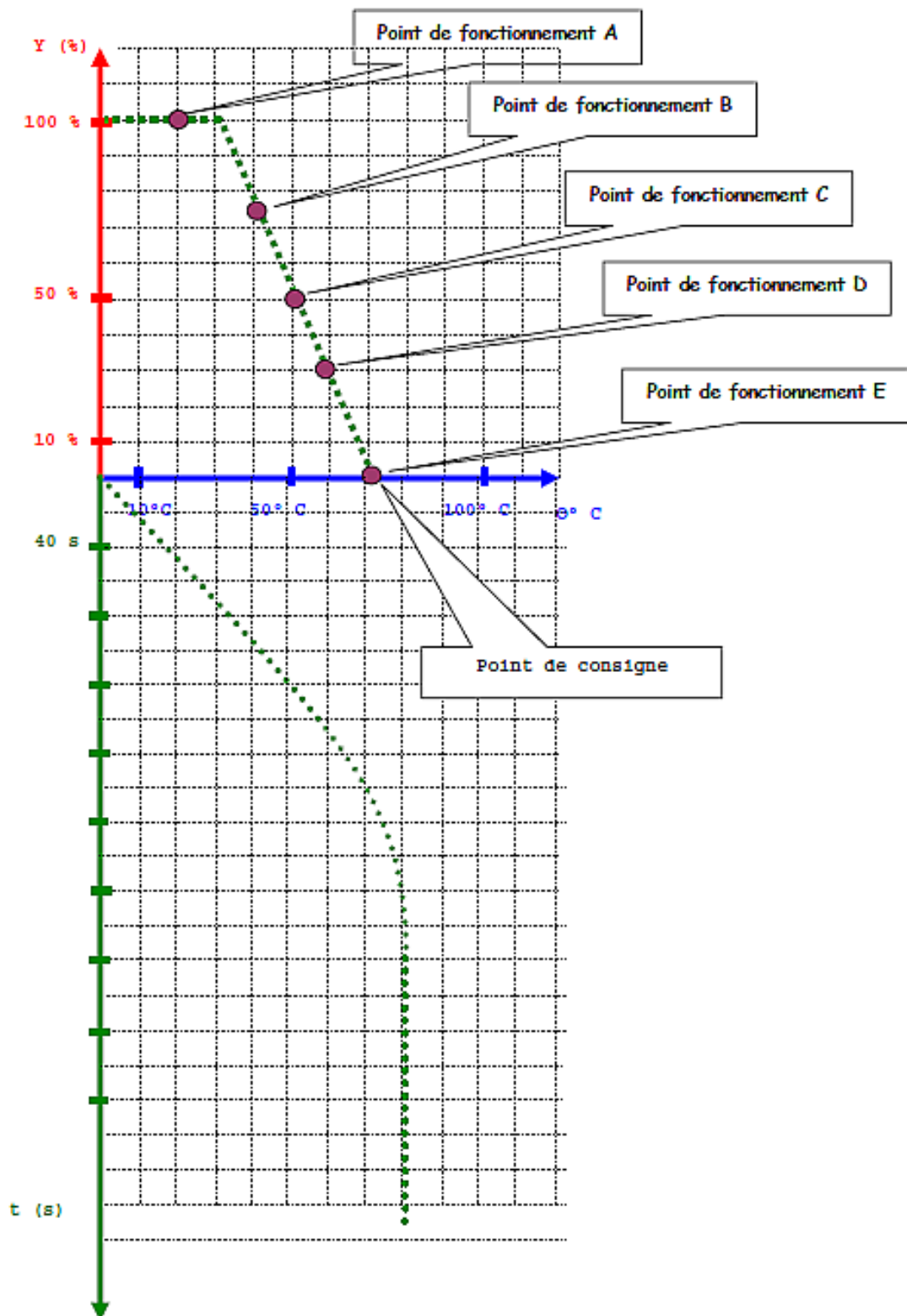
Étalonnage Sonde PT100

$$R = 100 + 0,385 \times T$$



Annexes exercice n°1

Four de cuisson – Régulation de température – Relevé en température de la réponse en commande du régulateur





Annexes exercice n°1

Four de cuisson – Régulation de température – Principes

Un régulateur inséré dans une chaîne de commande impose en exploitation, au système de modulation d'énergie, une valeur réglante selon une loi appelée « algorithme ».

La régulation proportionnelle

L'action proportionnelle est une fonction qui fait varier le signal de sortie du régulateur (Y valeur réglante) proportionnellement à l'écart entre la consigne et la mesure .

Le coefficient de proportionnalité (appelé **gain du régulateur : K**) est obtenu par le réglage du paramètre X_p du régulateur .

L'équation de l'action proportionnelle est de la forme :

$$Y (\%) = K \cdot e$$

Et :

$$K = \frac{100}{X_p}$$

Si **E** est l'échelle de mesure du régulateur, on appelle **bande proportionnelle B_p** l'expression :

$$B_p = \frac{X_p \cdot E}{100}$$

Exemple :

Prenons un régulateur qui possède une échelle de mesure **E de 100°C** .

Si le **coefficient X_p** est réglé sur **5** , la bande proportionnelle vaudra **$B_p = 5^\circ\text{C}$**

La valeur réglante vaudra : $Y (\%) = 20 \cdot e$

Si la consigne est de 80°C, pour une mesure de 75°C , la valeur réglante sera de 100%

Si la consigne est de 80°C, pour une mesure de 78°C , la valeur réglante sera de 40%

Si la consigne est de 80°C, pour une mesure de 79°C , la valeur réglante sera de 20%

La bande proportionnelle **B_p** est donc la partie de l'échelle de mesure sous la consigne, sur laquelle l'action du régulateur va passer de 0 à 100%.

Plus cette bande est réduite, plus le gain du régulateur est important et la réaction du système rapide, mais il y a un risque de perte de stabilité, se traduisant par un effet de « pompage » permanent.

