

2009

République Tunisienne

Ministère de l'Enseignement Supérieur de la
Recherche

Scientifique et de la Technologie

Université de Sfax

Ecole Nationale d'Ingénieur de Sfax



Rapport de Stage

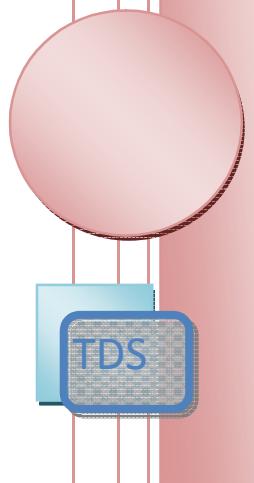
Elaboré par :

[

Loukil Wajdi

Wael Bibari

Hamdi Chakchouk



Sommaire

I.Introduction

II.Chapitre I: Présentation générale de la société

III.Représentation de la TDS

IV.Secteur d'activité

V.Chapitre II : Etude du régulateur PID

VI. Généralités

VII. Schémas de représentation

VIII. Caractéristiques statiques et dynamiques d'un procédé

IX. Les régulateurs

X. Régulation Proportionnelle Intégrale Dérivée - PID

XI. Méthodes simples de détermination des actions PID

XII.Conclusion

I. INTRODUCTION

Du 15/01/2009 au 15/02/2009, j'ai effectué un stage au sein de la société TDS « Tunisien Development System >> située au technopole de Sfax, route Tunis Km 10 BP 190 Sakiet Ezzit 3021 SFAX.

Plus largement, ce stage a été l'opportunité pour moi d'appréhender des nouvelles connaissances techniques et d'acquérir des nouvelles compétences.

Ce stage constitue un complément de formation pratique après une toute année de connaissance théorique. C'est une occasion d'acquérir une approche matérielle et une application de la théorie déjà étudiée à l'ENIS.

Au-delà d'enrichir mes connaissances, ce stage m'a permis de comprendre dans quelle mesure il est important d'établir des nouvelles relation et lien avec des responsables et des personnels qui peuvent m'aider dans mon futur parcours professionnel.

II. Chapitre I: Présentation générale de la société

1. Représentation de la TDS

TDS, « Tunisien Development System » nouvelle entreprise qui a été fondée le 19 janvier 2006, c'est une société à responsabilité limité (SARL) au capital de 10000 DT qui intervient dans le domaine électromécanique et automatique.

« Tunisien Development System >> est implantée au technopole de Sfax dans la pépinière des entreprises, elle développe des maquettes didactiques de travaux pratiques pour l'enseignement de l'automatisme et de l'informatique industriel.

2. Secteur d'activité

Depuis sa création en 2006 et grâce au dynamisme et la compétence de son équipe dirigeante, TDS a connu une évolution régulière qui lui a permis d'améliorer constamment les compétences de ses services et la qualité de ses produits.

Elle intervient dans les domaines suivants :

- ✓ Développement de maquettes didactiques de travaux pratiques pour enseignement technologique (électronique analogique et numérique, informatique industrielle, régulation, automatisme, réseaux industriels, ...).
- ✓ Kits de formation spécifique ou générique, intégrant une pédagogie progressive et diversifiée.
- ✓ Prise en charge de l'équipement complet de laboratoires de travaux pratiques d'automatisme, d'informatique industrielle et d'électronique.

- ✓ Développement d'applications d'automatisme industriel, de supervision et de télégestion.
- ✓ Développement et prise en charge de projets de recherche dans le domaine technologique.

III. Chapitre II : Etude du régulateur PID

1. Généralités

a. Définitions

La régulation regroupe l'ensemble des techniques utilisées visant à contrôler une grandeur physique. Exemples de grandeur physique : Pression, température, débit, niveau etc...

La grandeur réglée, c'est la grandeur physique que l'on désire contrôler. Elle donne son nom à la régulation. Exemple : une régulation de température.

La consigne : C'est la valeur que doit prendre la grandeur réglée.

La grandeur réglante est la grandeur physique qui a été choisie pour contrôler la grandeur réglée. Elle n'est généralement pas de même nature que la grandeur réglée.

Les grandeurs perturbatrices sont les grandeurs physiques qui influencent la grandeur réglée. Elles ne sont généralement pas de même nature que la grandeur réglée.

L'organe de réglage est l'élément qui agit sur la grandeur réglante.

b. Principe de fonctionnement

Pour réguler un système physique, il faut :

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

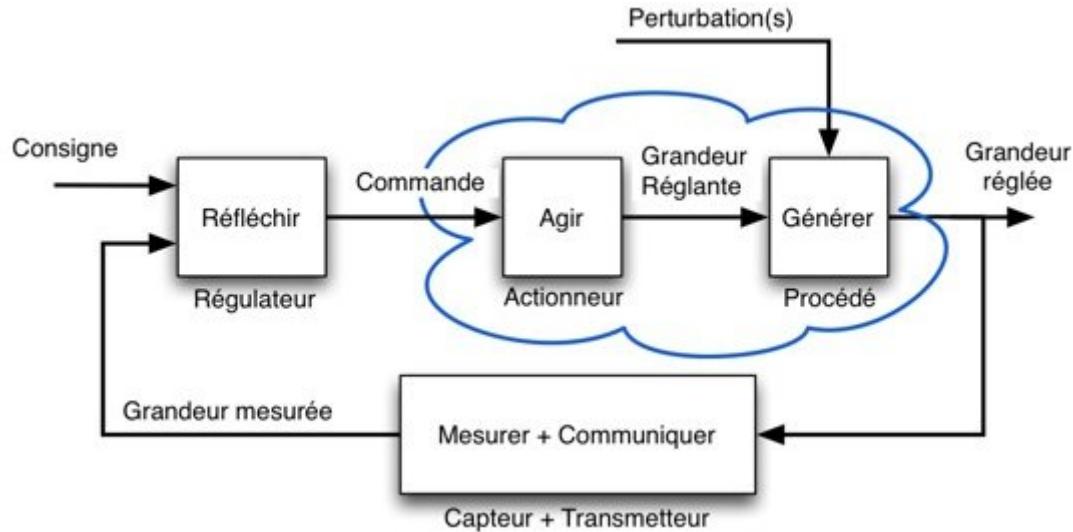


Schéma de principe de fonctionnement d'une régulation

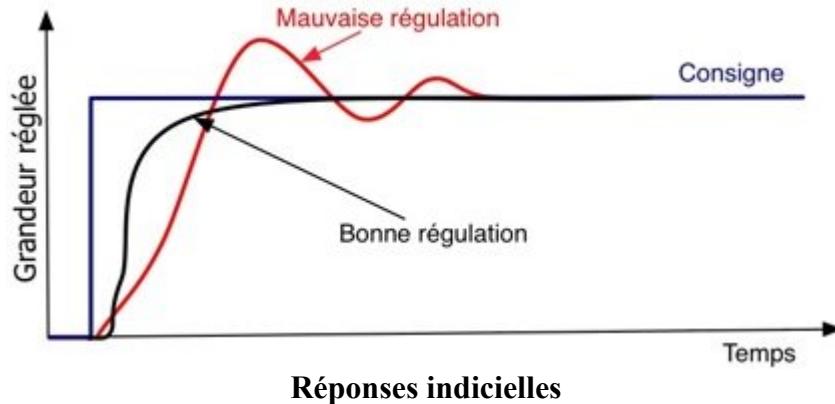
c. Influence de la régulation

i. Baisse du coût de la transformation

La bonne régulation amène une plus grande précision sur la grandeur réglée, permettant une diminution de la consigne pour un fonctionnement à la limite.

ii. Baisse du coût de l'installation et gain de temps

On reconnaît une bonne régulation par sa capacité à accélérer le système sans entraîner de dépassement de la consigne. Dans l'exemple figure « réponses indicielles », une bonne régulation entraîne une diminution du temps nécessaire à l'élévation de la température, ainsi que l'économie d'un dispositif de refroidissement.

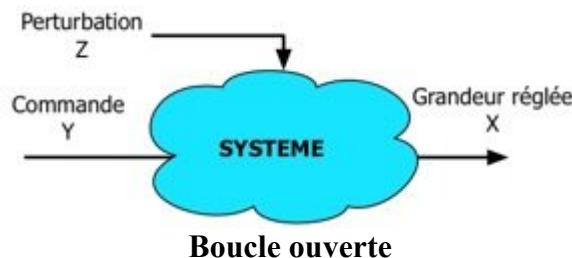


d. Régulation ou Asservissement

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

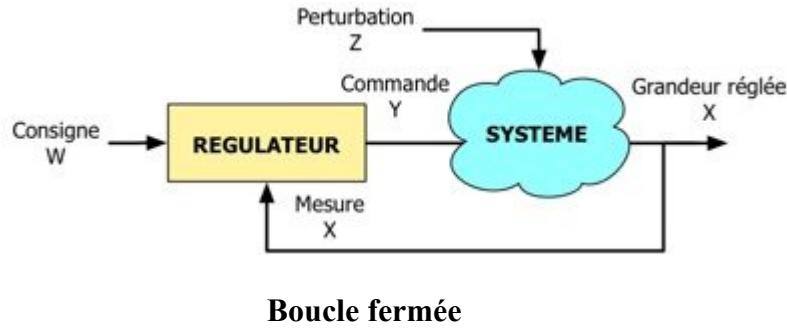
e. Fonctionnement en boucle ouverte (Manuel)

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



f. Fonctionnement en boucle fermée (Automatique)

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



2. Schémas de représentation

a. Schéma TI

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

Lettres pour le schéma TI

Première lettre	Les suivantes		
Grandeur réglée	Lettre	Fonction	Lettre
Pression	P	Indicateur	I
Température	T	Transmetteur	T
Niveau	L	Enregistreur	R
Débit	F	Régulateur	C
Analyse	A	Capteur	E

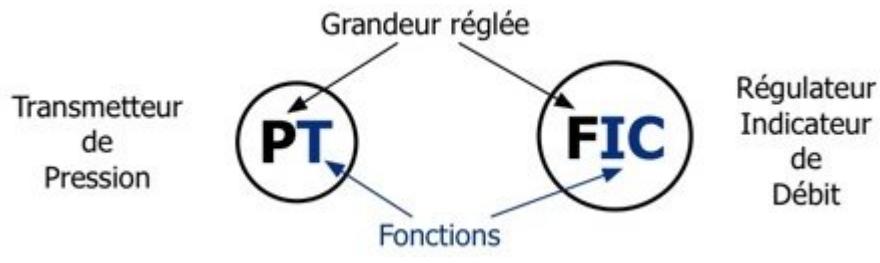
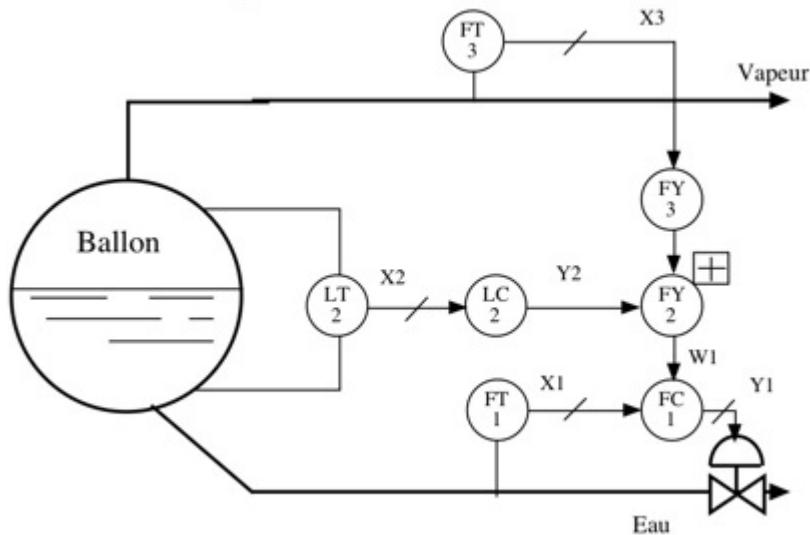


Schéma TI - Représentation de l'instrumentation

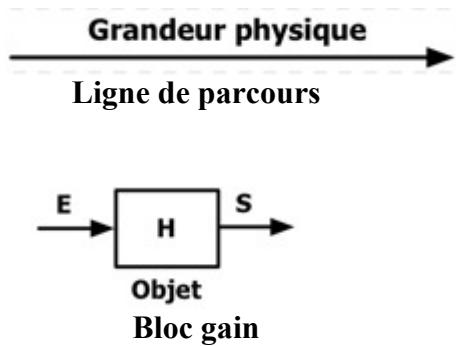


Un exemple de schéma complet de régulation de niveau dans le ballon avec correction de tendance

b. Schéma fonctionnel

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

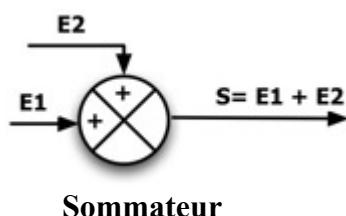
- Ligne de parcours d'une grandeur physique : Cette ligne représente le parcours d'une même grandeur physique de la boucle de régulation.



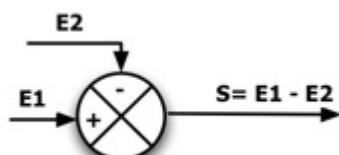
- Bloc gain : Le bloc représente la relation entre deux grandeurs physiques, relation réalisé par un élément de la boucle de régulation :

$$S = H \times E$$

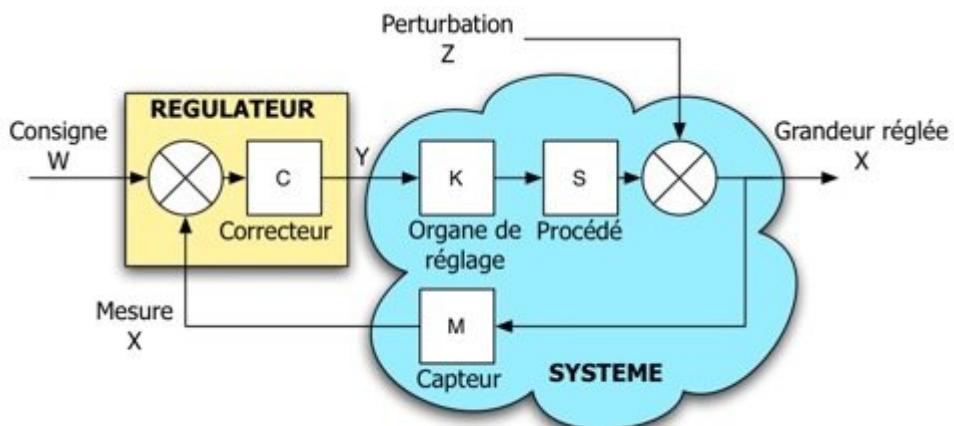
- Sommateur et soustracteur : Ce bloc représente l'addition ou la soustraction de grandeurs physique de même nature.



Sommateur



Comparateur



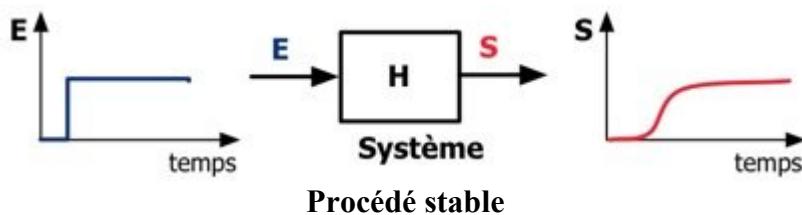
Représentation fonctionnelle d'une boucle de régulation

3. Caractéristiques statiques et dynamiques d'un procédé

c. Stabilité

i. Procédés naturellement stables

Un procédé est dit naturellement stable si à une variation finie de la grandeur réglante E correspond une variation finie de la grandeur réglée S .

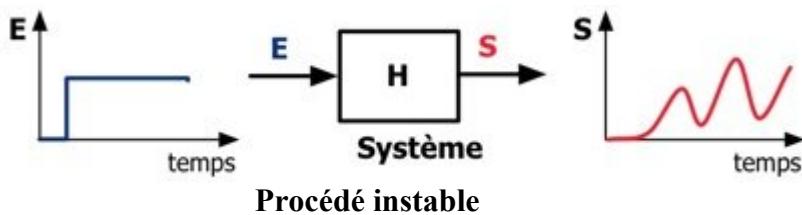


Exemple :

Grandeur réglée : température d'une pièce ; Grandeur réglante : puissance du radiateur.

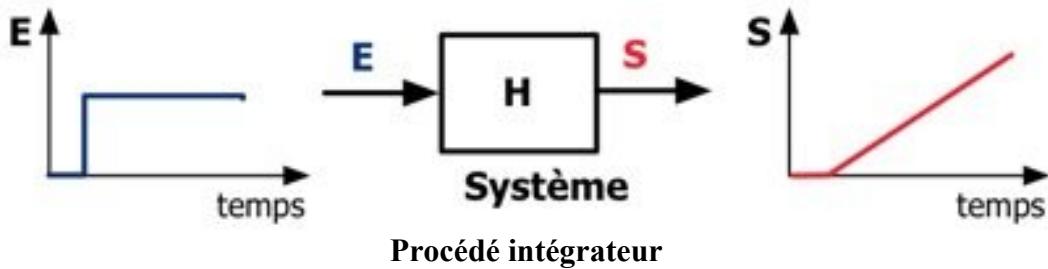
ii. Procédés naturellement instables

Un procédé est dit naturellement instable si à une variation finie de la grandeur réglante E correspond une variation continue de la grandeur réglée S.



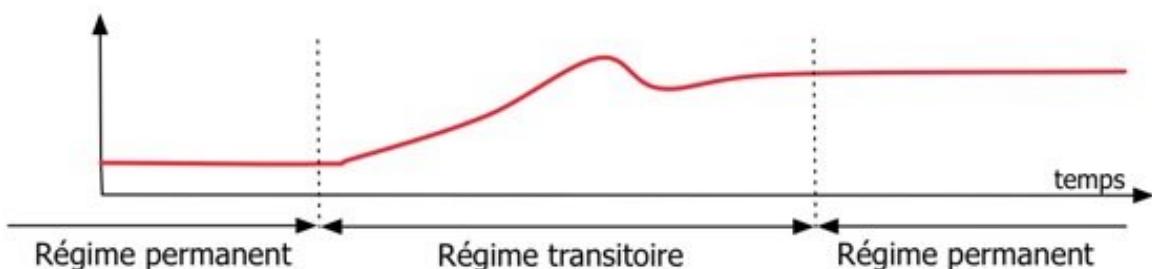
Exemple :

Grandeur réglée : niveau ; Grandeur réglante : débit d'alimentation. Remarque : On dit qu'un procédé est de type intégrateur, si pour une entrée E constante, la sortie S est une droite croissante.



iii. Régime transitoire - Régime permanent

On dit que le système fonctionne en régime permanent, si l'on peut décrire son fonctionnement de manière simple. Dans le cas contraire, on parle de régime transitoire. Pour passer d'un régime permanent à un autre, le système passe par un régime transitoire.

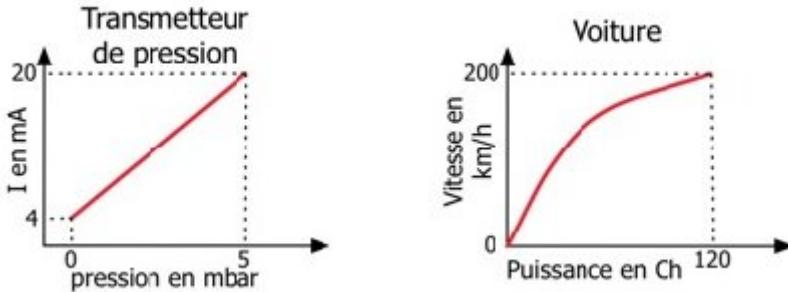


d. Caractéristiques statiques d'un procédé

i. Caractéristique statique

La caractéristique statique est la courbe représentative de la grandeur de sortie S en fonction de la grandeur d'entrée E : $S = f(E)$.

Remarque : On ne peut tracer la caractéristique statique que d'un système stable.



Caractéristiques statiques

ii. Gain statique

Si le système est naturellement stable, le gain statique G est le rapport entre la variation de la grandeur d'entrée S et la variation de la grandeur de sortie E.

$$G = \frac{\Delta S}{\Delta E}$$

iii. Erreur statique

Si le système est stable, l'erreur statique E est la différence entre la consigne W et la mesure de la valeur réglée X.

$$E = W - X$$

iv. Linéarité, non-linéarité d'un système

Un système est linéaire si on peut décrire son fonctionnement à l'aide d'équations mathématiques linéaires.

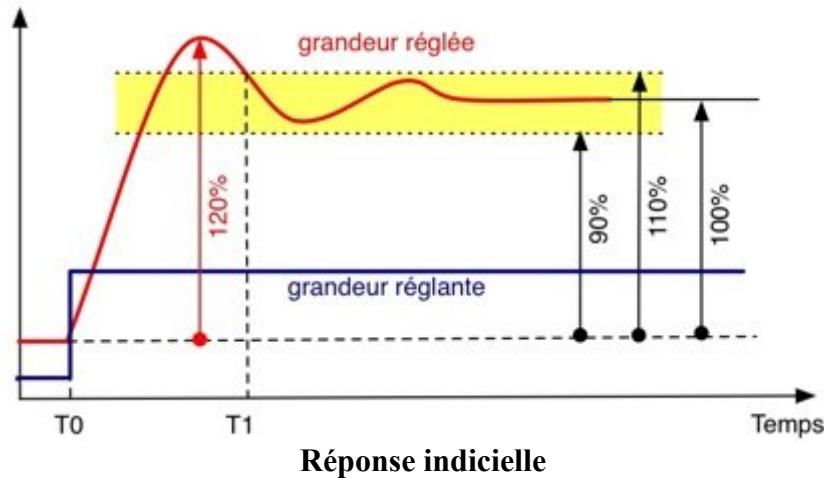
e. Caractéristiques dynamiques d'un procédé

i. Temps de réponse

C'est l'aptitude du système à suivre les variations de la grandeur réglante.

Dans le cas d'un échelon de la grandeur réglante, la croissance de la grandeur

réglée définit les différents temps de réponse. Dans l'exemple figure tr, on mesure le temps de réponse à 10 qui est égal à $T_1 - T_0$.

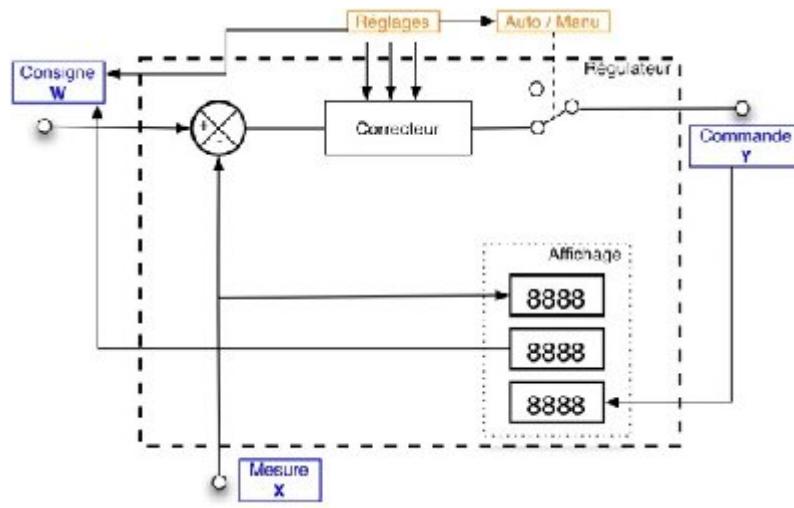


ii. Dépassement

Le premier dépassement permet de qualifier la stabilité d'un système. Plus celui-ci sera important, plus le système sera proche de l'instabilité. Dans certaine régulation, aucun dépassement n'est toléré. Dans la réponse indicielle figure tr le premier dépassement est de 20

4. Les régulateurs

a. Structure de principe d'un régulateur

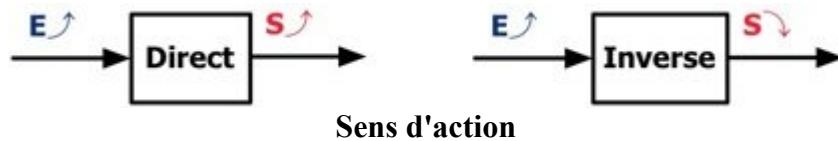


La figure régulateur représente la structure internet d'un régulateur.

- Le signal de mesure X est l'image de la grandeur réglée, provenant d'un capteur et transmetteur et transmise sous forme d'un signal électrique ou pneumatique ;
- La consigne W peut-être interne (fournie en local par l'opérateur) ou externe ;
- L'affichage de la commande Y se fait en et généralement en unités physiques pour la consigne et la mesure.
- Si un régulateur est en automatique, sa sortie dépend de la mesure et de la consigne. Ce n'est pas le cas s'il est en manuel.

b. Choix du sens de l'action d'un régulateur
 i. Définition

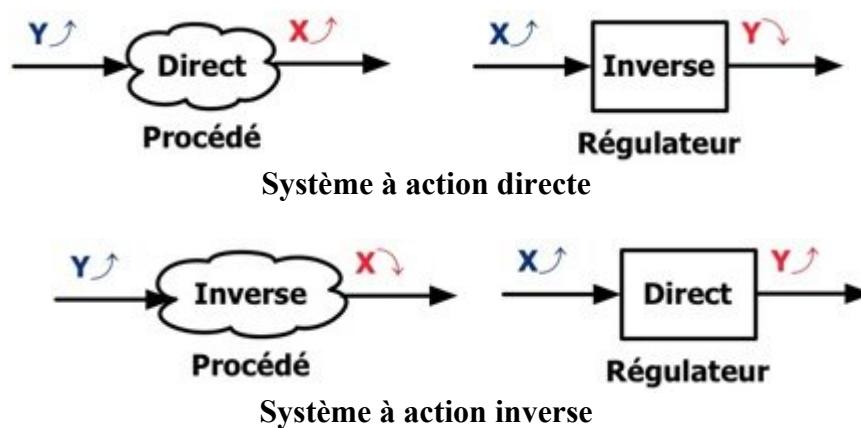
Un procédé est direct, quand sa sortie varie dans le même sens que son entrée. Dans un régulateur, la mesure est considérée comme une entrée. Dans le cas contraire, le procédé est dit inverse.



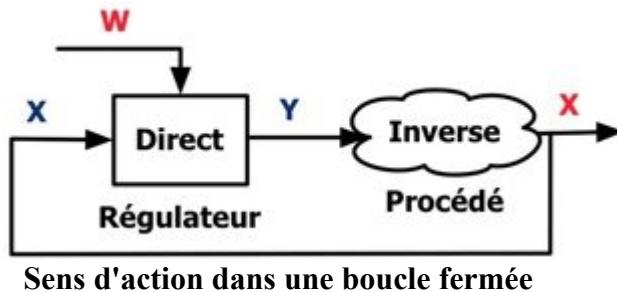
ii. Choix du sens d'action du régulateur

Si le procédé est direct : Il faut mettre le sens d'action du régulateur sur inverse.

Si le procédé est inverse : Il faut mettre le sens d'action du régulateur sur directe.



Remarque : Pour avoir un système stable dans une boucle de régulation, le régulateur doit agir de manière à s'opposer à une variation de la grandeur X non désirée .Si X augmente, le couple régulateur + procédé doit tendre à le faire diminuer.



c. Action continue et action discontinue

On peut séparer le fonctionnement d'un régulateur en deux types d'actions. Une action discontinue, dans laquelle la sortie Y du régulateur ne prend que deux valeurs 0 et 100 et une action continue avec une sortie du régulateur qui peut prendre toutes les valeurs comprises entre 0 et 100 On appelle aussi le fonctionnement discontinue fonctionnement Tout Ou Rien.

5. Régulation Proportionnelle Intégrale Dérivée - PID

a. Action proportionnelle

- i. Rappel

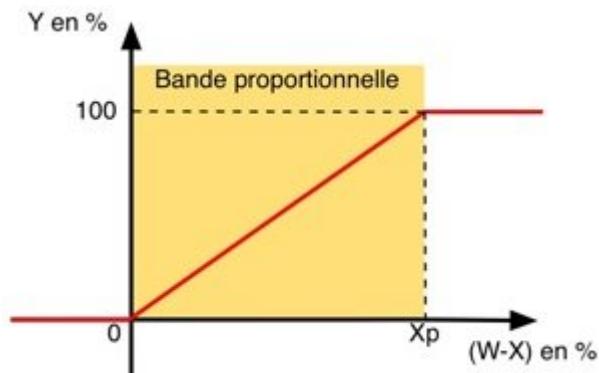
Pleine échelle : C'est l'ensemble des valeurs que peut prendre l'entrée mesure du régulateur ; X de 0 à 100 Elle est généralement réglée au niveau du régulateur par deux paramètres, X_{min} et X_{max}.

ii. Présentation

La commande Y du régulateur est proportionnelle à l'erreur (W-X), ceci dans la mesure du possible (Y ne peut être négatif, ou d'une valeur supérieure à 100 Dans la partie proportionnelle, appelée bande proportionnelle, on a :

$$Y = 100 \frac{W - X}{X_p}$$

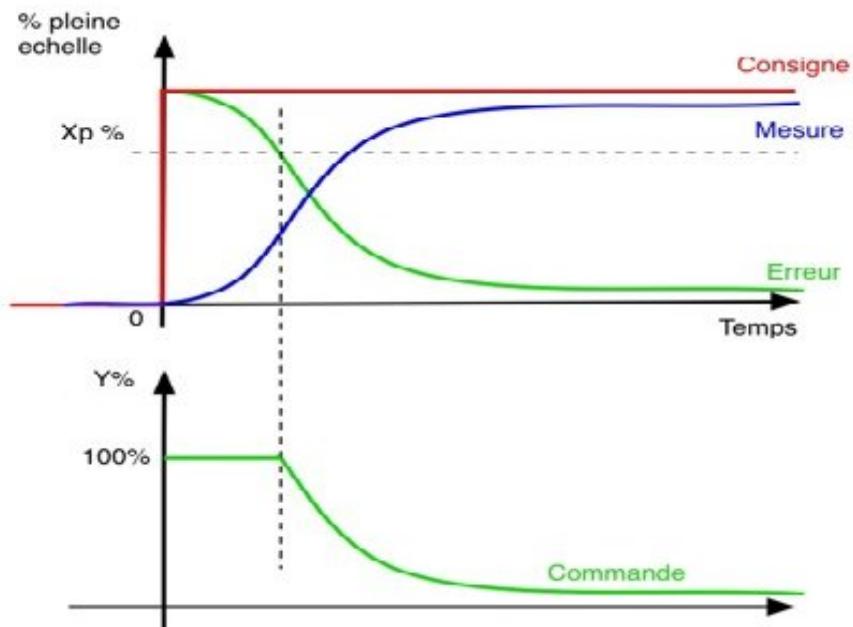
La consigne W, la mesure X et la bande proportionnelle X_p , s'exprime en de la pleine échelle. Ainsi, un régulateur à action inverse a la caractéristique, de la figure suivante :



Caractéristique d'un régulateur proportionnel

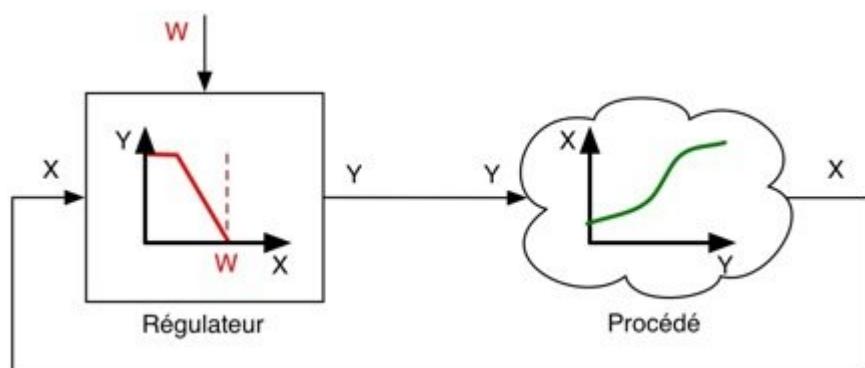
iii. Fonctionnement

Lors d'une variation en échelon de la consigne, le système à une réponse ressemblant à la celle représentée sur la figure.

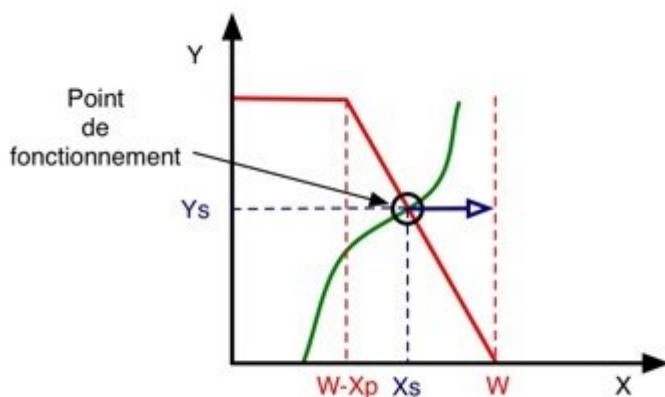


Réponse indicelle d'une régulation proportionnelle

Détermination du point de fonctionnement La régulation d'un procédé peut être représentée par la figure (1). Le régulateur et le procédé définissent chacun d'eux une caractéristique statique (fig.(2)). Dans le cas d'un fonctionnement stable, le point de fonctionnement en régime permanent appartient aux deux courbes. Le point de fonctionnement correspond donc à l'intersection de ces deux courbes. On peut déduire de cette construction, la valeur de l'erreur statique ($W-X_s$), ainsi que la valeur de la commande du régulateur en régime permanent Y_s .



Régulation proportionnelle en fonctionnement
Figure (1)

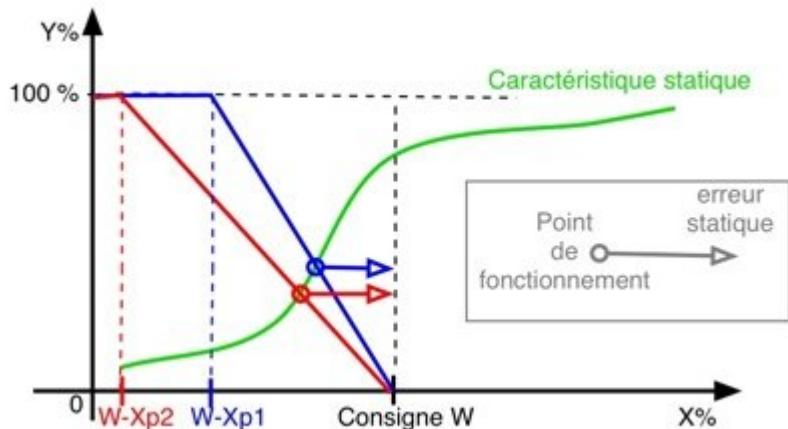


Détermination du point de fonctionnement
Figure (2)

iv. Influence de la bande proportionnelle

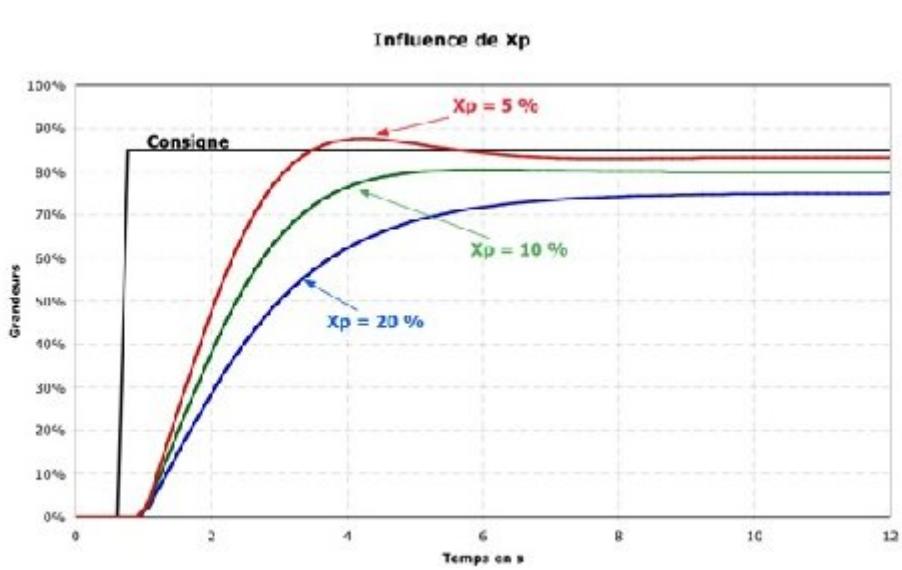
Comportement statique (fonctionnement en régime permanent) :

On s'aperçoit graphiquement que plus la bande proportionnelle est petite, plus l'erreur en régime permanent est petite. Sur la figure suivante, $Xp_1 < Xp_2$.



Influence de la bande proportionnelle sur l'erreur statique

Comportement dynamique (fonctionnement en régime transitoire) : Plus la bande proportionnelle est petite, plus le temps de réponse du système est court. En effet, pour la même erreur, la commande fournie est plus importante qu'avec une bande proportionnelle plus importante. Si la bande proportionnelle se rapproche de 0, le système devient instable. En effet, un fonctionnement en TOR correspond à une bande proportionnelle nulle.



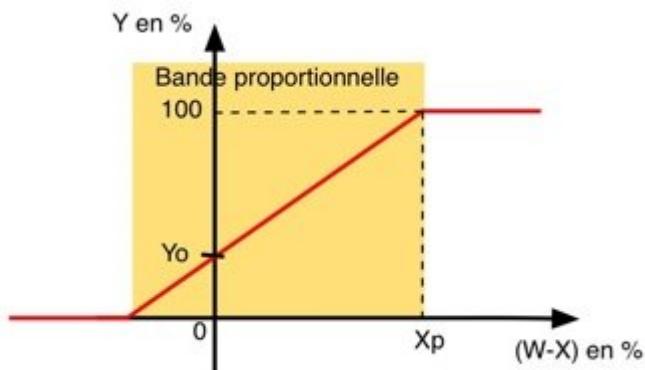
Influence de la bande proportionnelle sur le temps de réponse

v. Décalage de bande - Talon - Intégrale manuelle

De manière plus générale, la formule qui relie la sortie Y du régulateur à la différence entre la mesure et le consigne est :

$$Y = \frac{100 \times (W - X)}{X_p} + Y_o \quad (5)$$

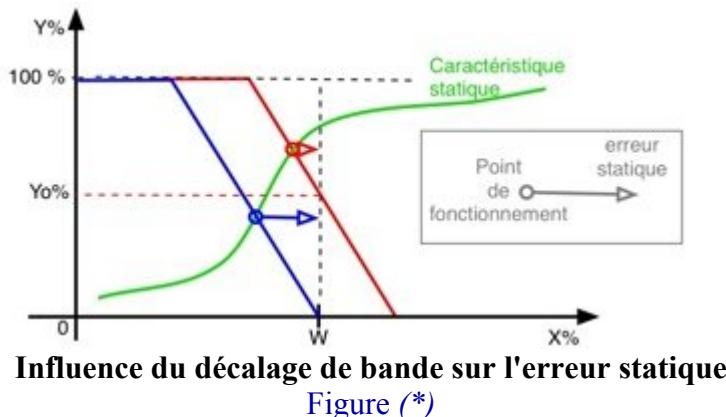
Avec Y_o , le décalage de bande à régler sur le régulateur. Ainsi, pour un régulateur à action inverse on a le caractéristique suivante.



Caractéristique d'un régulateur proportionnel avec décalage de bande

vi. Influence du décalage de bande

Sur la figure (*), on s'aperçoit qu'avec un bon choix de la valeur du décalage de bande, on réduit très fortement l'erreur statique. L'influence sur le comportement en régime transitoire est principalement fonction de la caractéristique statique.



vii. Représentation fonctionnelle d'une régulation proportionnelle

Dans le cas d'une régulation à action inverse, la figure suivante représente un régulateur en fonctionnement proportionnel.

- K_p = gain de correcteur :

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

- Y_o = décalage de bande

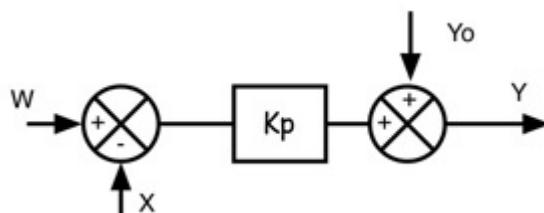


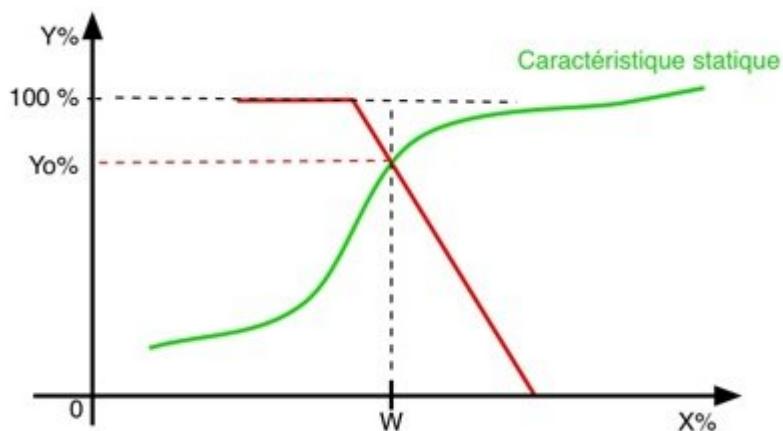
Schéma fonctionnel d'une régulation proportionnelle

- b. Action intégrale
 - i. Comparaison avec intégrale manuelle

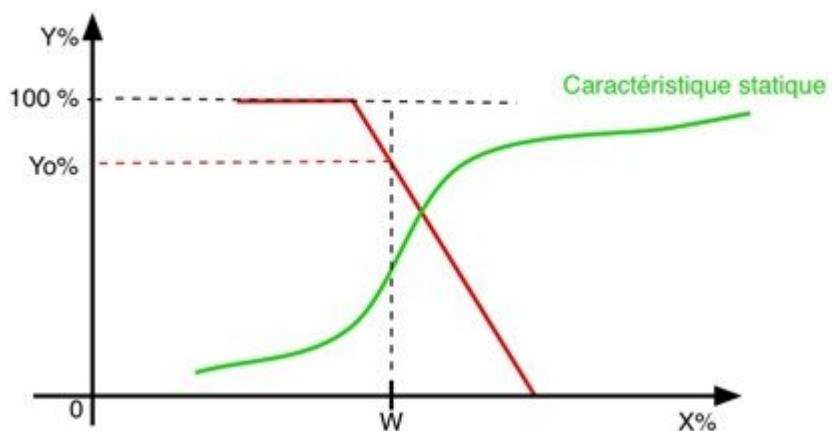
On a vu dans le paragraphe précédent l'utilité de l'intégrale manuelle.

Pourquoi ne pas choisir le point d'intersection entre la caractéristique statique et celle du régulateur, comme valeur de talon ?

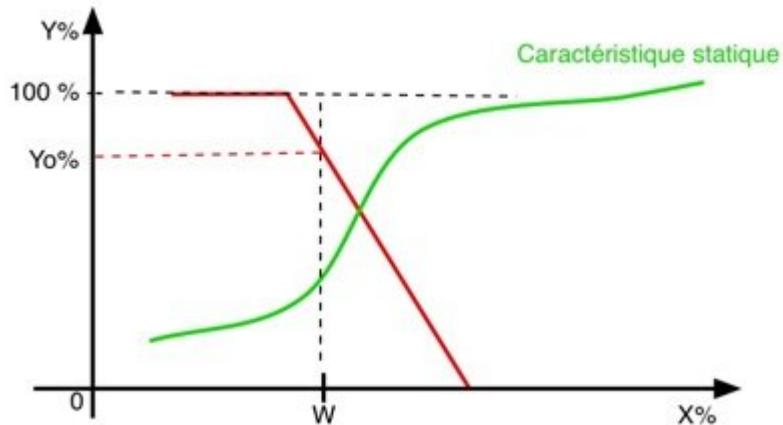
- Le système fonctionnerait alors avec une erreur statique nulle (fig.1).
- Car la caractéristique statique peut se déplacer sous l'effet d'une grandeur perturbatrice (fig.2) ;
- Car la valeur de la consigne change (fig.3).



Du bon choix de l'intégrale manuelle
Figure 1



Influence de la perturbation sur l'erreur statique
Figure 2



Influence du changement de la consigne sur l'erreur statique
Figure 3

ii. Qu'est-ce qu'une action intégrale ?

On veut :

- Une action qui évolue dans le temps .
- Une action qui tend à annuler l'erreur statique.

Cette fonction est remplie par l'opérateur mathématique : 'integral par rapport au temps'. Ainsi, dans un régulateur, on définit l'action intégrale à partir d'un des deux paramètres T_i ou K_i avec :

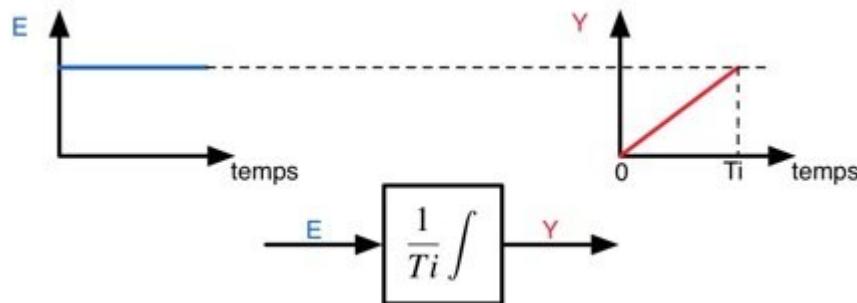
$$Y(t) = K_i \int_{t_0}^t (W(t) - X(t)) dt = \frac{1}{T_i} \int_{t_0}^t (W(t) - X(t)) dt$$

T_i est le temps intégral, définie en unité de temps. K_i le gain intégral, définie en coup par unité de temps.

iii. Fonctionnement

Pour étudier l'influence de l'action intégrale, on s'intéressera à la réponse du module intégral à un échelon. Plus K_i est grand (T_i petit), plus la valeur de la

sortie Y augmente rapidement. Le temps Ti est le temps pour que la commande Y augmente de la valeur de l'entrée E=W-X.



Influence de Ti sur la commande

iv. Supprimer l'action intégrale

Pour annuler l'action intégrale, il existe plusieurs solutions, fonction du régulateur. Si, on règle l'action intégrale à l'aide du gain Ki, il suffit de mettre Ki à zéro. Dans le cas où le réglage du gain intégral se fait à l'aide du temps Ti, il y a deux solutions :

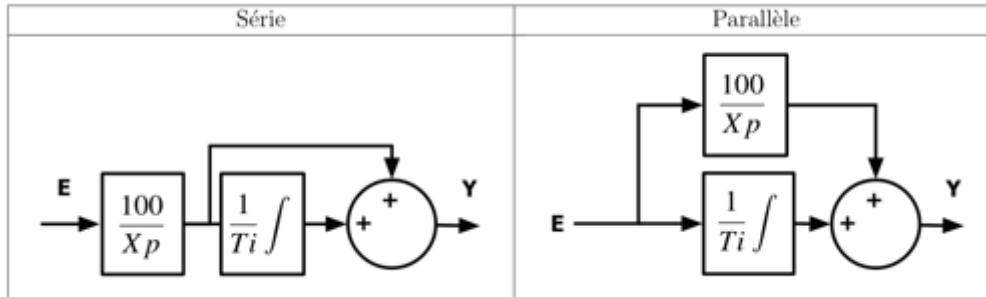
- Mettre Ti à zéro, si c'est possible ;
- Sinon mettre Ti à sa valeur maximale. Si le correcteur est coopératif, il indiquera sup.

v. Action conjuguée PI

En général, le régulateur ne fonctionne pas en action intégrale pure (trop instable). Il fonctionne en correcteur Proportionnel Intégral (PI). Le couple, Bande Proportionnelle.

Temps Intégral, définit deux types de fonctionnement qui sont représentés dans le tableau.

Structures d'un régulateur PI

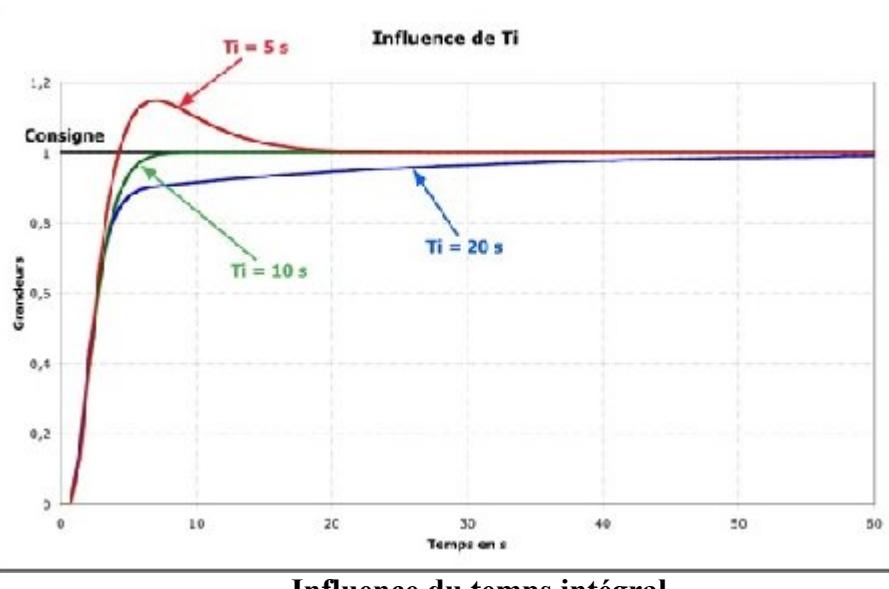


Conséquences : Dans un régulateur série, la modification de la bande proportionnelle, entraîne la modification de l'influence de l'action intégrale. Avant de procéder au réglage du régulateur, il est nécessaire de connaître sa structure interne.

vi. Influence du paramètre temps intégral

Comportement statique : Quelle que soit la valeur de l'action intégrale, l'erreur statique est nulle (si le système est stable).

Comportement dynamique : Lors d'une réponse indicielle (fig. de dessous), plus T_i est petit plus le système se rapproche de l'instabilité.



c. Action dérivée

i. Qu'est-ce qu'une action dérivée ?

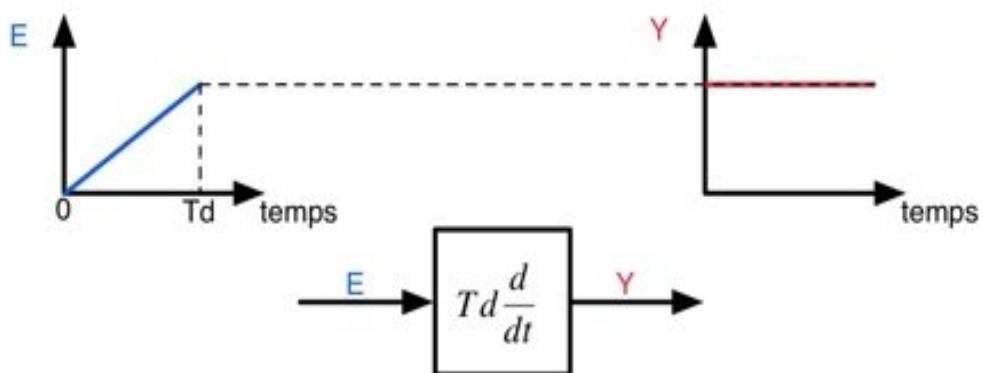
C'est une action qui amplifie les variations brusques de la consigne. Elle a une action opposée à l'action intégrale. Cette fonction est remplie par l'opérateur mathématique : 'dériver par rapport au temps'. Ainsi, dans un régulateur, on définit l'action dérivé à partir du temps dérivé Td avec :

$$Y(t) = Td \frac{d}{dt}$$

Le temps dérivé Td s'exprime en unité de temps.

ii. Fonctionnement

Pour étudier l'influence de l'action dérivée, on s'intéressera à la réponse du module dérivé à une rampe. Plus Td est grand, plus la valeur de la sortie Y sera importante. Le temps Td est le temps pour que l'entrée E augmente de la valeur de la sortie Y.



Influence de Td sur la commande

iii. Supprimer l'action dérivée

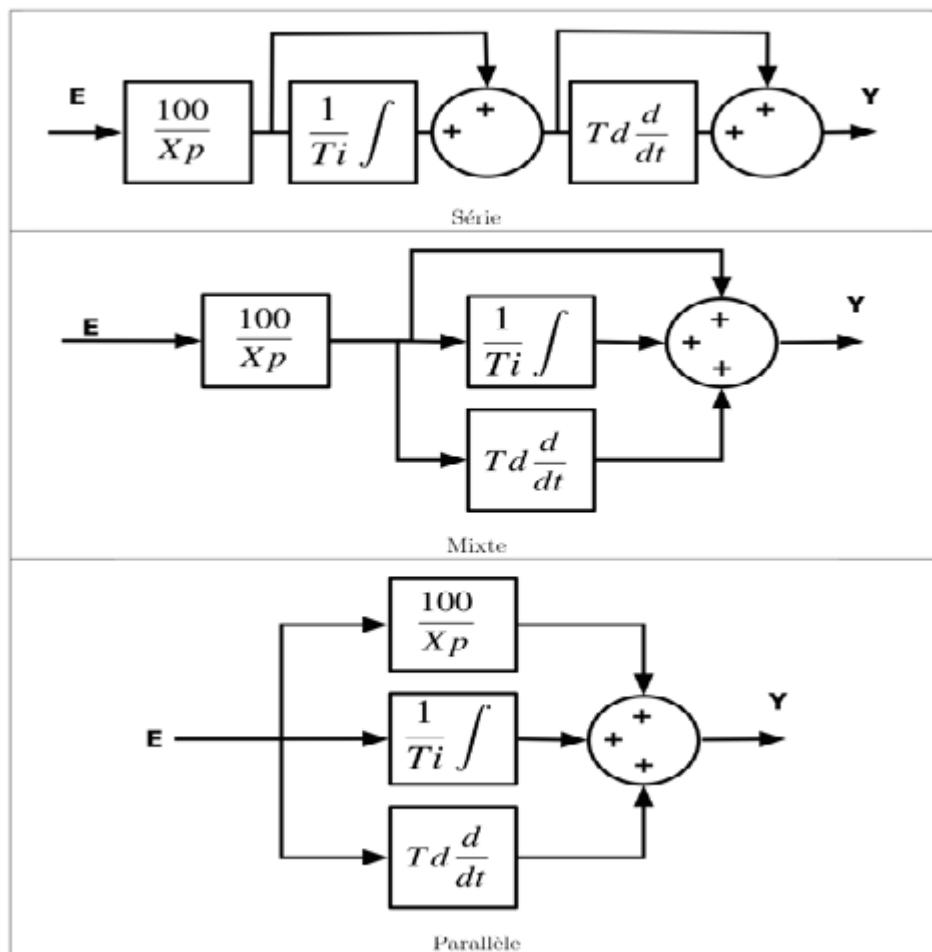
Pour annuler l'action dérivée, il suffit de mettre Td à 0.

iv. Action conjuguée PID

En général, le régulateur ne fonctionne pas en action dérivée pure (trop instable). Il fonctionne en correcteur Proportionnel Intégral Dérivé (PID). Le triplet, Bande Proportionnelle - Temps Intégral - Temps dérivé, définit trois types de fonctionnement qui sont représentés dans le tableau suivant.

Remarque : Les régulateurs électroniques (tous ceux de la salle de travaux pratiques) ont une structure mixte.

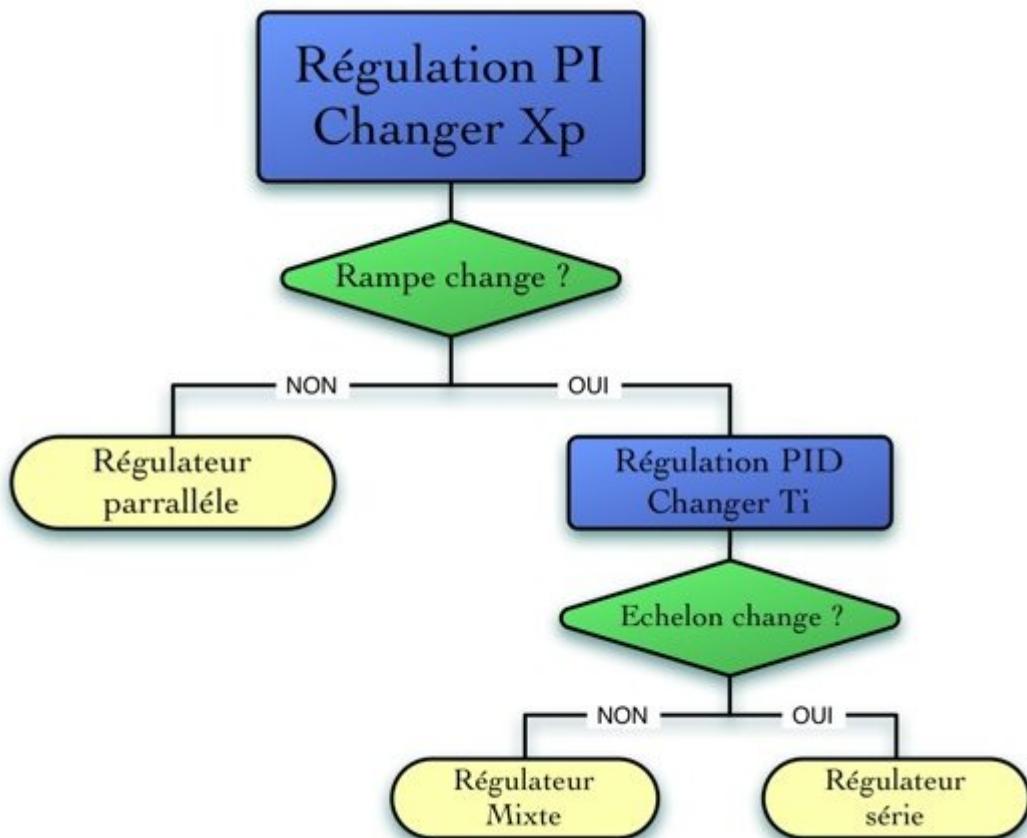
Structures d'un régulateur PID



v. Déterminer la structure interne d'un régulateur

Pour déterminer la structure d'un régulateur, il faut l'isoler du système (faire en sorte qu'il n'agisse plus sur la mesure) et le mettre en fonctionnement

automatique. Il suffit alors de suivre le logigramme figure (on observe la commande Y du régulateur en réponse à un échelon de la mesure X ou de consigne W). Pour avoir des mesures aisées, on prendra les valeurs suivantes :

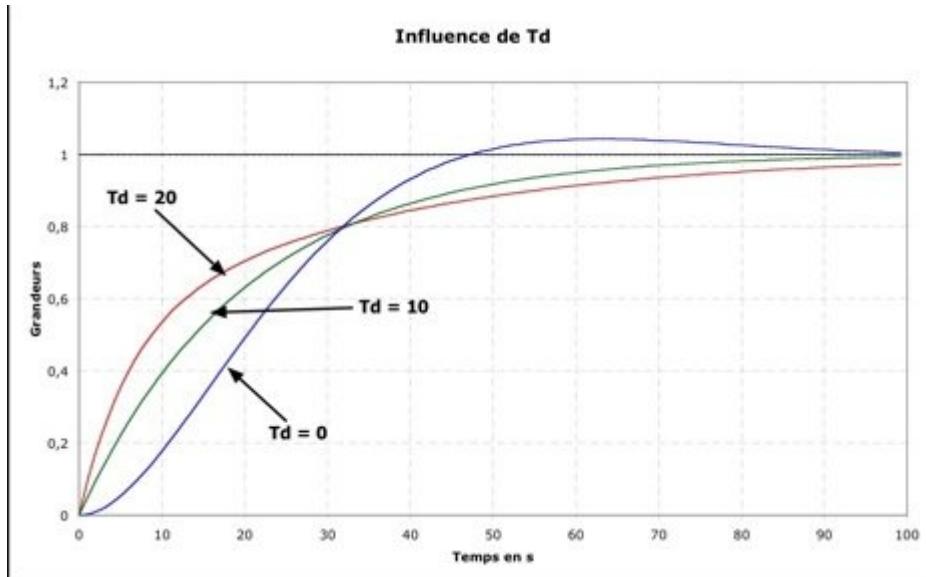


Détermination de la structure d'un régulateur

vi. Influence du paramètre temps dérivé

Comportement statique : Aucune influence.

Comportement dynamique : Lors d'une réponse indicielle (fig.suivante), plus T_d est grand plus le système est rapide.



Influence du temps dérivé

d. Résumé des actions des corrections P, I et D

Influence des actions dérivés

Quand augmente	Stabilité	Rapidité	Précision
Bandé proportionnelle - X_p	Augmente	Diminue	Diminue
Temps Intégral - T_i	Augmente	Diminue	Pas d'influence
Temps dérivée - T_d	Diminue	Augmente	Pas d'influence

6. Méthodes simples de détermination des actions PID

a. Principes fondamentaux

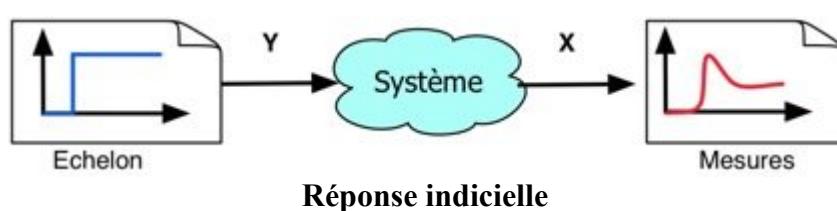
Dans le cas général, le réglage d'une boucle de régulation se fait en trois étapes.

- Relevé des caractéristiques du système. Ces relevés se font soit en boucle ouverte soit en boucle fermée.

- Détermination des paramètres représentants le système dans le modèle choisi.
- À l'aide des paramètres, calcul du correcteur PID.

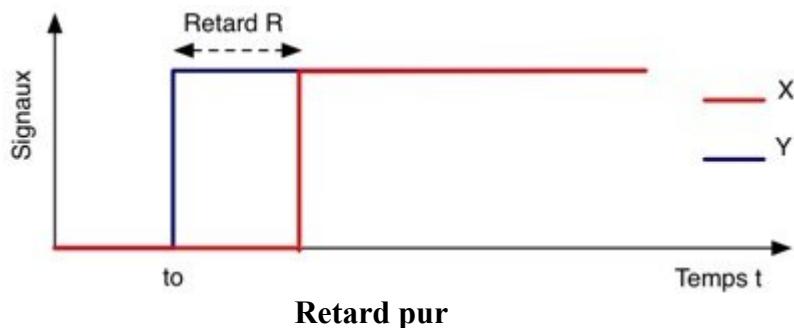
b. Les modèles de base

Pour donner une image des différents modèles de base, on s'intéressera à la réponse de ces modèles à un échelon.



i. 6.2.1 Retard pur

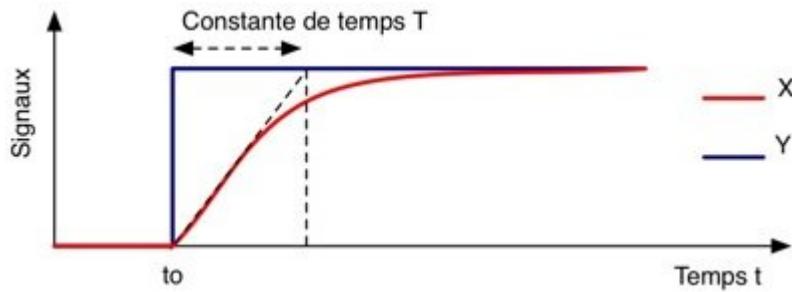
Le signal de sortie est identique au signal d'entrée, mais décalé dans le temps du retard (R).



ii. Premier ordre à gain unitaire

Le signal de sortie a pour équation :

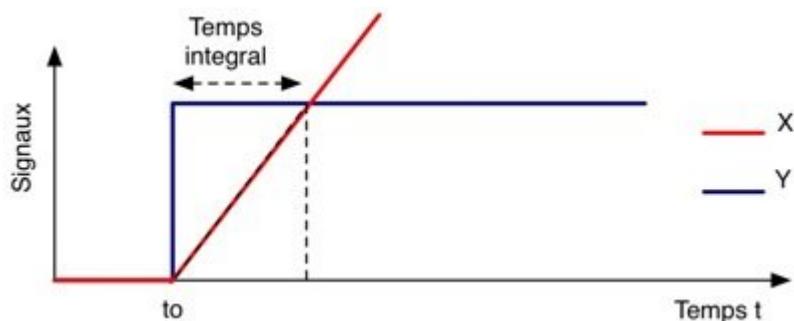
$$X(t) = X_{max} \left(1 - \exp\left(-\frac{t-t_0}{T}\right) \right)$$



Réponse indicielle du premier ordre à gain unitaire

iii. Intégrateur

Le système peut être défini par son temps intégrale T .

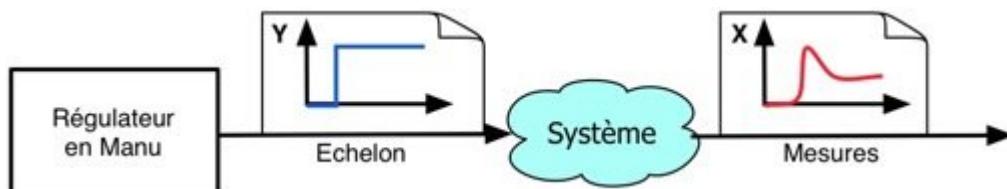


Réponse indicielle d'un système intégrateur

c. Réglage en boucle ouverte

i. Étape 1

Autour du point du fonctionnement, on relève la réponse du système, à un échelon du signal de sortie Y du régulateur. Attention à ne pas saturer X .

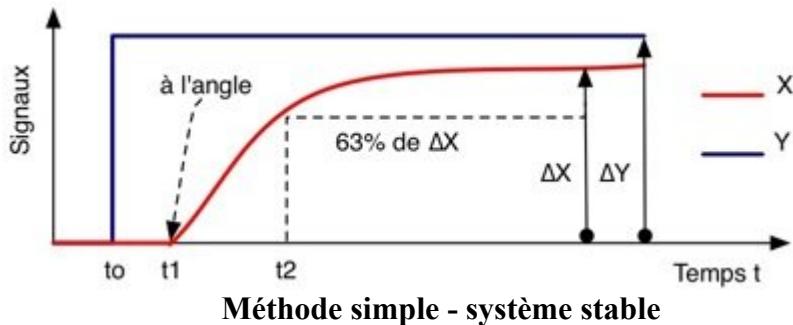


Système en boucle ouverte

ii. Étape 2 - Méthode simple

Procédé stable : À partir des constructions fournies figure suivante, on calcule :

- Le gain statique : $G = X / Y$;
- Le retard : $R = t_1 - t_0$;
- La constante de temps : $T = t_2 - t_1$.



Procédé intégrateur : À partir des constructions fournies figure instable simple, on calcule :

- Le temps intégrale $T = t_2 - t_1$;
- Le retard : $R = t_1 - t_0$.

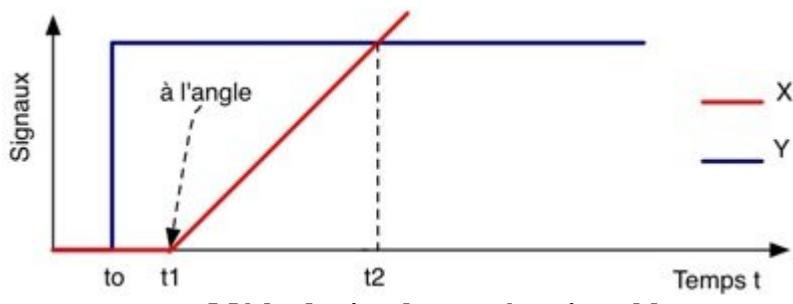
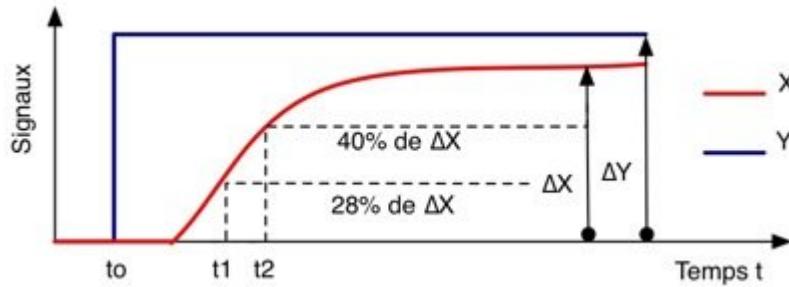


Figure *instable simple*

iii. Étape 2 - Méthode Broïda

Procédé stable : À partir des constructions fournies figure stable broïda, on calcule :

- Le gain statique : $G = X / Y$;
- Le retard : $R = 2,8(t_1-t_0) - 1,8(t_2-t_0)$;
- La constante de temps : $T = 5,5(t_2-t_1)$.



Méthode de broïda - système stable

Figure stable broma

iv. Étape 3 - Réglages de Dindeleux

À partir du rapport T/R, on détermine le type de correcteur à utiliser à l'aide du tableau *choix*. En fonction du type de procédé, stable (tableau *stable*) ou instable (tableau *instable*), on calcule la valeur des paramètres.

Choix du type du correcteur

Tableau choix

T/R							
Autre	2	PID	5	PI	10	P	20
							TOR

Réglages de Dindeleux pour un procédé stable

Tableau stable

	P	PI série	PI //	PID série	PID //	PID mixte
Xp		125GR/T		118GR/T	120GR/(T+0,4R)	
Ti	Maxi	T	1,25GR	T	1,3GR	T+0,4R
Td		0		0,4R	0,35T/G	TR/(R+2,5T)

Réglages de Dindeleux pour un procédé intégrateur

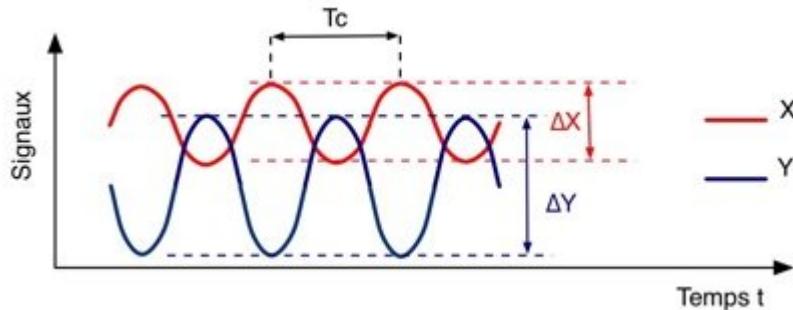
Tableau instable

	P	PI série	PI //	PID série	PID //	PID mixte
Xp		125R/T		118R/T	111R/T	
Ti	Maxi	5R	6,6R ² /T	4,8R	6,6R ² /T	5,2R
Td		0		0,4R	0,35T	0,4R

d. Réglages en boucle fermée

i. Méthode de Ziegler Nichols

- Le système est en régulation proportionnelle (actions intégrale et dérivée annulées). On diminue la bande proportionnelle jusqu'à obtenir un système en début d'instabilité, le signal de mesure X et la sortie du régulateur Y sont périodiques, sans saturation (figure *ziegler*).



Système instable

Figure ziegler

- On relève alors la valeur de la bande proportionnelle X_{pc} , ainsi que la période des oscillations T_c .
- La mesure de la période des oscillations T_c et de X_{pc} permet de calculer les actions PID du régulateur (voir tableau).

Réglages de Ziegler-Nichols

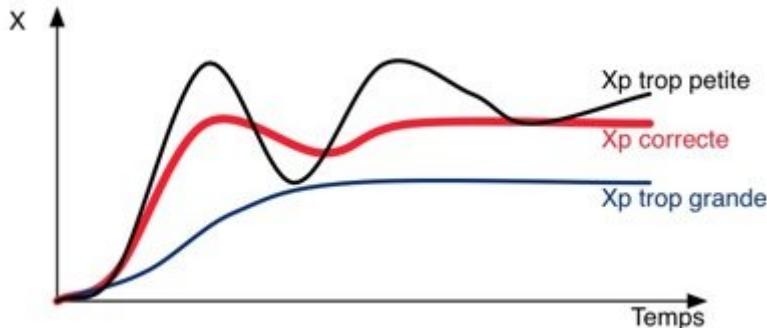
	P	PI série	PI	PID série	PID	PID Mixte
X_p	2 X_{pc}		2,2 X_{pc}	3,3 X_{pc}		1,7 X_{pc}
T_i	Maxi	$T_c/1,2$	0,02 $T_c X_{pc}$	$T_c/4$	85 $T_c X_{pc}$	$T_c/2$
T_d		0		$T_c/8$	7,5 T_c/X_{pc}	$T_c/8$

Remarque : Cette méthode a été établie à partir d'expérimentations sur divers systèmes à régler en retenant comme critère un bon amortissement dans le fonctionnement en régulation. Elle donne des résultats variables, il faut parfois retoucher les réglages pour obtenir des résultats de performance (stabilité, précision, rapidité) plus proches de ceux désirés.

ii. La méthode du régleur

C'est une méthode qui échappe au cas général. Le réglage du régulateur se fait par petit pas. Le système fonctionnant en boucle fermée, autour du point de consigne :

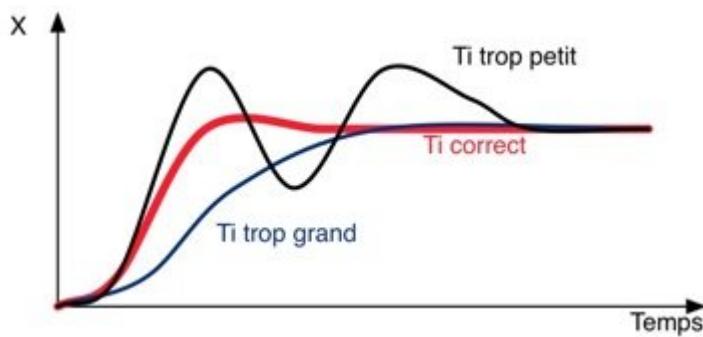
- En régulation proportionnelle, on cherche la bande proportionnelle correcte en observant la réponse du système à un échelon de consigne (figure regleur1).



Réglage de la bande proportionnelle

Figure *regleur1*

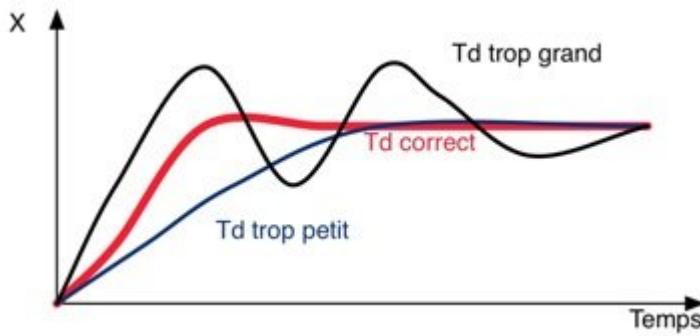
- En régulation proportionnelle intégrale, on cherche le temps intégral correct en observant la réponse du système à un échelon de consigne (figure *regleur2*).



Réglage du temps intégral

Figure *regleur2*

- En régulation proportionnelle intégrale dérivée, on cherche le temps dérivé correct en observant la réponse du système à un échelon de consigne (figure *regleur3*).



Réglage du temps dérivé

Figure *regleur3*

Apprêts cette étude théorique globale et à l'aide des conseils de notre encadreur nous avons abouti à faire ce montage

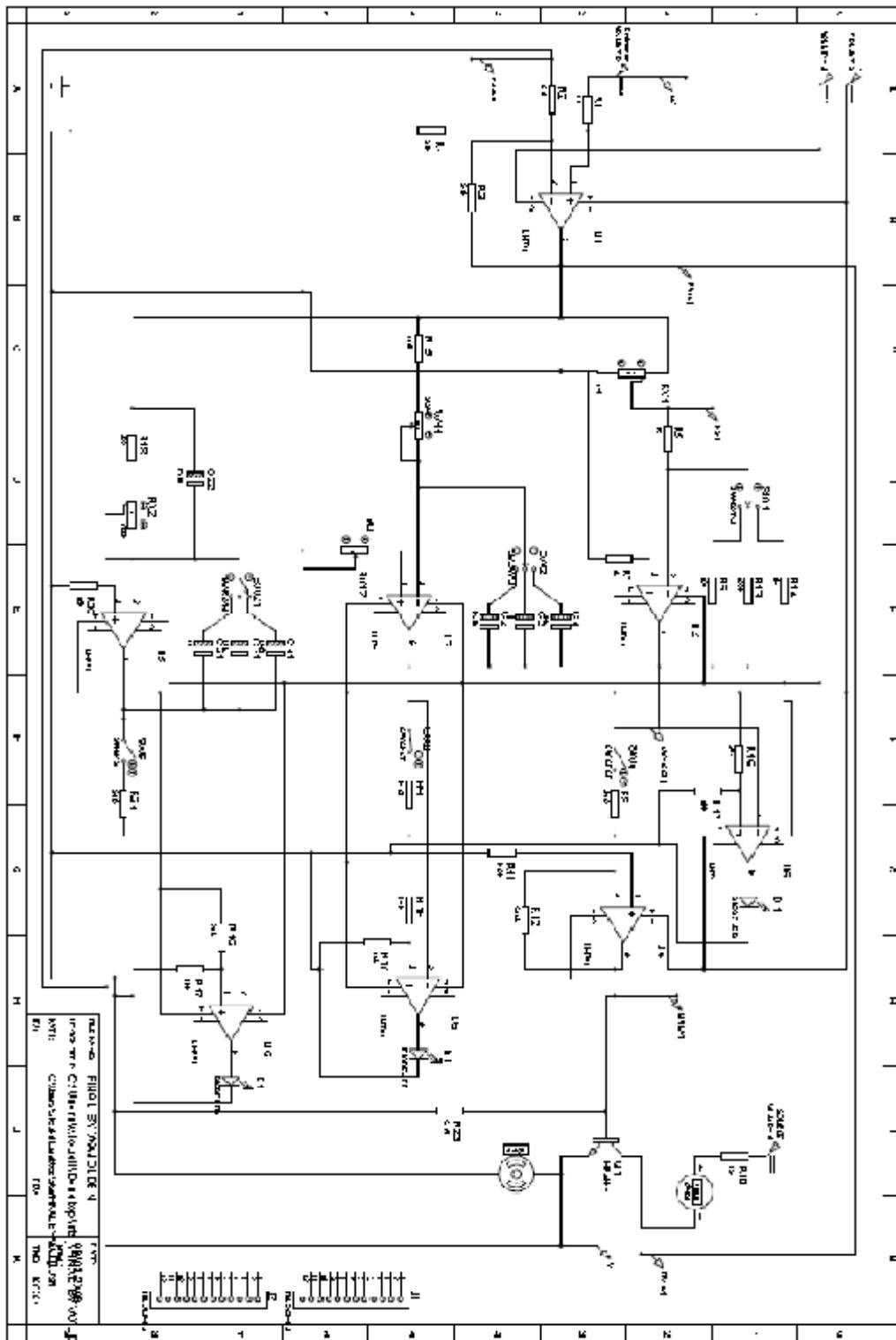
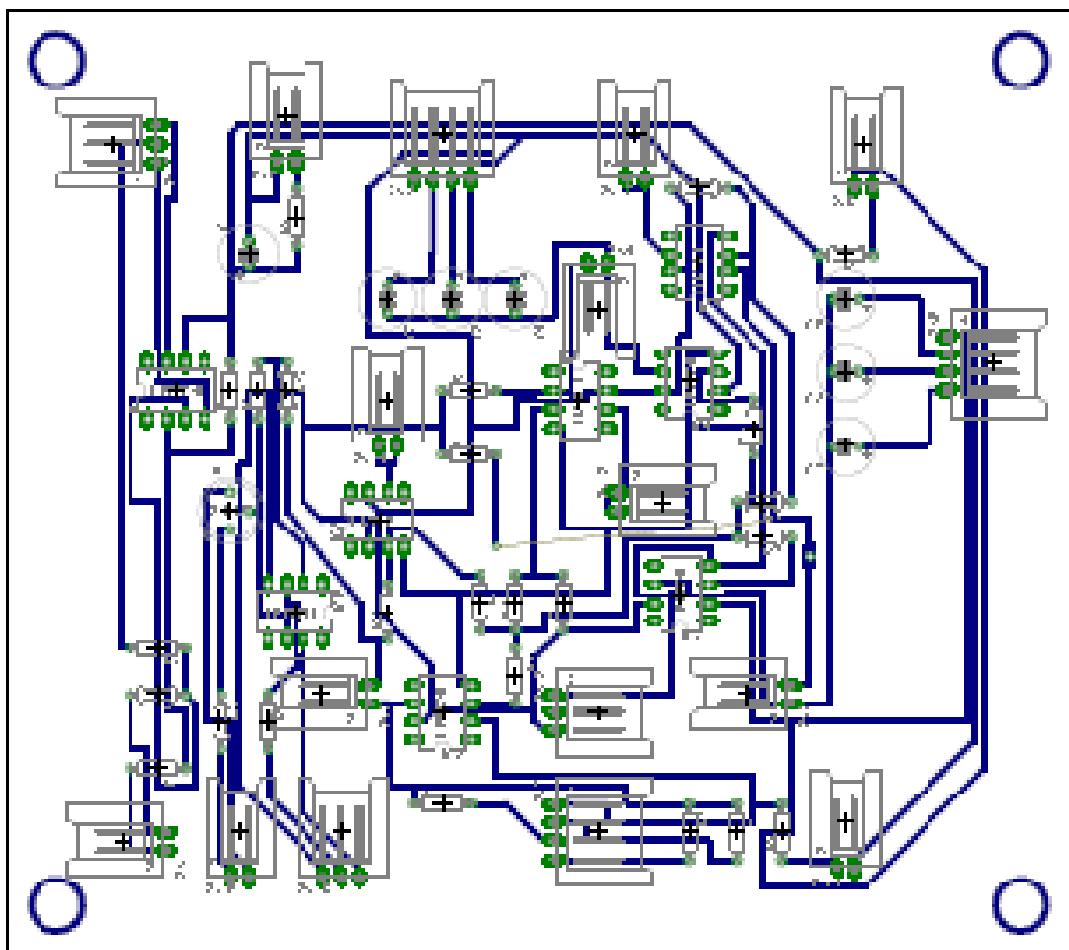


Schéma électrique d'un correcteur PID (structure parallèle)

Et apprêt en a fait sortir notre tippons de circuit



CONCLUSION

Ce rapport est le résultat des travaux réalisés et les connaissances acquises durant la période de mon stage à « TDS ».

Ce stage m'a permis d'améliorer mes connaissances et de découvrir le milieu professionnel et de suivre de près le fonctionnement des différentes activités et étapes de recherches et de réalisation des circuits électrique. En plus, il m'a donné la possibilité d'un contact avec .

Pendant ce stage j'ai connu que derrière un simple circuit électrique , plusieurs processus pour le réaliser pour le mètre en marche.

Finalement, j'espère que mon travail serait à la hauteur en souhaitant que j'atteigne la cible visée par ce stage.