

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des nouvelles technologies d'Information et de communication

Département d'électronique et de télécommunications



Mémoire

MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Electronique

Spécialité : Instrumentation

Présenté par: TEDJINI Sayah

GOBBI Med Laid

Thème

Simulation et commande d'un procès utilisant la méthode méta heuristique recherche tabou

Devant le jury:

BEN HELLAL Belkhair

MAA

Président UKM Ouargla

AOUF AnouarEssadate

MAA

Encadreur UKM Ouargla

BEN ACER Imad

MCB

Examineur UKM Ouargla

Année Universitaire : 2017 /2018

Dédicace

Tous les mots ne suffisent pas à exprimer notre amour et notre respect pour nos parents GOBBI Ahmed et TEDJINI Saad et Pour tous mes proches à la famille gobbi et tedjini, et plus Surtout, nossoeurs tous Et à tous ceux qui ont contribué et travaillé avec nous dans l'accomplissement de ce mémoire AOUF

AnouarEssadate.

Et à tous ceux qui ont contribué et partagé la joie

REMERCIEMENTS

*Avant tout, nous remercions le bon dieu tout puissant qui nous donne de la foi, du courage et de patience afin d'accomplir ce modeste travail Nous tenons à remercier notre promoteur **Mr. AOUF AnouarEssadate** d'avoir accepté de nous encadrer et pour les efforts qu'il est déployé, pour nous aider, conseiller, encourager et corriger avec une grande gentillesse durant toute cette période.*

*De même, je remercie chaleureusement **Mr BEN HELLAL Belkhair**, Professeur à l'Université d'Ouargla, pour l'honneur qu'il a eu à présider le jury du Comité Ainsi que le **Dr BENACER Imad** Professeur à l'Université d'Ouargla. Nous remercions tous les enseignants qui ont contribué à notre formation sans exception.*

Sommaire

Introduction générale	
Chapitre I : Généralité sur de régulateur PID	
I.1. Introduction:	1
I. 2. Régulateur PID :	1
I. 2. 1. Principe générale d'un régulateur PID :	1
I.2.2Actions de régulateur PID :	2
I. 2. 3. Caractéristiques dynamiques d'un procédé :	4
I.3. Méthode méta heuristiques :	5
I.4. Critères de performance :	6
I.5 Système étudiée	7
I.5.1 Définition :	7
I.5.2 Les éléments de l'unité de rétroaction Basic Process Rig 38- 100 :	7
I.6. Conclusion	8
Chapitre II : La recherche taboue	
II.1. INTRODUCTION	9
II. 2.principe de base de recherche tabou :	9
II. 2. 1. Mémoire	10
II. 3. Eléments de base de la TSA :	10
II. 3.1 Voisinage :	10
II. 3. 2. Liste Tabou :	10
II. 3. 3. Intensification:	11
II. 3. 4. Critère d'aspiration :	11
II. 3. 5. Critère d'arrêt :	11
II. 3. 6. Diversification:	11
II. 4. Algorithme de recherche tabou	12
II. 5. Conclusion.....	14
Chapitre III	14
III. 1. Introduction	15
III. 2. Méthode Ziegler-Nichols	15

III. 2. 1. Définition :	15
III. 2. 2. Ziegler-Nichols P-I-D méthode de réglage du contrôleur :	15
III. 2. 3. La avantage et l'inconvénient [12] :	17
III. 3. Résultats et simulation :	17
III. 3. 1. Performances du contrôleur PID avec méthode ziegler-nichols:.....	17
III. 3. 2. Performances du contrôleur RT-PID avec l'erreur IAE.....	19
III. 3. 3. Performances du contrôleur RT-PID avec l'erreur ISE.....	20
III. 3. 4. Performances du contrôleur RT-PID avec l'erreur ITSE	21
III. 3. 5. Performances du contrôleur RT-PID avec l'erreur ITAE	22
III. 3. 6. Comparaisant des Performances entre les déférentes erreurs	23
III. 4. Conclusion	24
Conclusion générale	

Liste des figures :

Figure I.01: Schéma de principe d'une boucle de régulation.....	2
Figure I. 02: Action proportionnelle K_p	3
Figure I. 03: Action l'intégrale K_i	3
Figure I. 04: Action dérivé K_d	4
Figure I. 05: La réponse type d'un procédé stable.....	5
Figure I. 06: Représentation de (T_m, T_s, D)	6
Figure I. 07: Photo de l'unité de rétroaction Basic Process Rig 38-100.....	9
Figure I. 08: Composants Process Rig modèle 38-100.....	10
Figure I. 9: Schéma fonctionnel du système Modèle Rig 38-100.....	11
Figure. II. 01 : une fonction de sous-programme de l'organigramme pour TSA.....	18
Figure. II. 02 : diagramme de l'algorithme de recherche tabou.....	19
Figure II: 03: Modèle d'optimisation du système.....	20
Figure II.04: Configuration de matrice d'algorithme de recherche tabou pour les deux premières itérations.....	20
Figure III. 01: Réponse indicielle du système.....	25
Figure III. 02: boucle de régulation avec régulateur Z-N	26
Figure III. 03 : oscillations soutenues sur le point consigne.....	27
Figure III. 04: Performances du contrôleur PID avec méthode ziegler-nichols.....	28
Figure III. 05: Performances du contrôleur RT-PID avec l'erreur IAE	29
Figure III. 06: Performances du contrôleur RT-PID avec l'erreur ISE	30
Figure III. 07: Performances du contrôleur RT-PID avec l'erreur ITSE	31
Figure III. 08: Performances du contrôleur RT-PID avec l'erreur ITAE	32
Figure III. 09 Réponses du processus pour les différentes méthodes utilisées.....	34

Liste des tableaux

Tableau I. 01 : Caractéristiques du régulateur PID.....	5
Tableau III. 01 : Les paramètres de régulation en BO et BF.....	25
Tableau III. 02 : les résultats de simulation Z-N	28
Tableau III. 03 . Performances du contrôleur RT-PID avec l'erreur IAE	29
Tableau III. 04 . Performances du contrôleur RT-PID avec l'erreur ISE	30
Tableau III. 05 . : Performances du contrôleur RT-PID avec l'erreur ITSE	31
Tableau III. 06 : Performances du contrôleur RT-PID avec l'erreur ITAE	32
Tableau III. 07 :Les valeurs de ces caractéristiques de robustesse pour le système contrôlé.....	32

Liste des abréviations

PID : Proportionnelle Intégrale Dérivée
PI : Proportionnelle Intégrale
RT : Recherche Tabou
TSA : Algorithme de la recherche tabou
IAE : l'intégral de l'erreur absolue
ISE : l'intégral de l'erreur quadratique
ITSE : l'intégral de l'erreur de multiplier au carré de temps
ITAE : l'intégral de temps multiplier l'erreur absolue
ZN : ziegler nichols
BO : Boucle ouvert
B F: Boucle fermée
ST: Search tabu
P : proportionnelle
I : l'intégrale
D : dérivée
Kp, Kr, K₀ : action proportionnelle
Ti : la constante de temps intégral
Td : la constante de temps dérivée
Ki : action l'intégral
Kd : action dérivée
D : dépassement
Tr : temps réponse
Tm : temps monté
Trm : temps réponse maximal

Introduction générale

Introduction générale

Les chercheurs se heurtent souvent à des problèmes technologiques de complexité grandissante et qui peuvent être exprimés sous la forme d'un problème d'optimisation. Résoudre un problème d'optimisation consiste à trouver la ou les meilleures solutions vérifiant un ensemble de contraintes et d'objectifs définis par l'utilisateur. Pour déterminer si une solution est meilleure qu'une autre, il est nécessaire que le problème introduise un critère de comparaison. Ainsi, la meilleure solution, appelée aussi solution optimale, est la solution ayant obtenu la meilleure évaluation au regard du critère défini. Les problèmes d'optimisation sont utilisés pour modéliser de nombreux problèmes appliqués: le traitement d'images, la conception de systèmes, la conception d'emplois du temps, La majorité de ces problèmes sont qualifiés de difficiles, car leur résolution nécessite l'utilisation d'algorithmes évolués, et en général il n'est pas possible de fournir dans tous les cas une solution optimale dans un temps raisonnable. Dans ce cas, la solution optimale recherchée n'est plus un point unique, mais un ensemble de compromis. Résoudre un problème comprenant plusieurs critères, appelé communément problème méta heuristique, consiste donc à calculer le meilleur ensemble de solutions de compromis.

Les régulateurs PID (proportionnel-intégral-dérivé) forment la base de toute boucle de contrôle d'usine. L'optimisation de ce phénomène des boucles de régulation a un impact direct sur la rentabilité d'usine, et pour cela elle réduit la variabilité, améliore la qualité et la productivité, abaisse les coûts d'énergie et de matière première.

Dans ce mémoire, nous avons touché principalement la résolution de problèmes d'optimisation des paramètres d'un régulateur PID avec une méthode méta heuristique de recherche tabou. Pour ce faire, notre mémoire est structurée en trois chapitres décrits ci-dessous :

Le chapitre I, ce chapitre explique le régulateur PID et les différents domaines d'application, l'intérêt d'utiliser des contrôleurs et les différentes notions de base du domaine de régulation en utilisant le contrôleur PID.

Le chapitre II, ce chapitre est consacré à la présentation de la recherche tabou et les différentes étapes de cette approche.

Le chapitre III, ce chapitre porte sur la formulation du problème à optimiser, ainsi la méthode (RT) sera appliquée avec une structure de régulation de type PID pour déterminer les meilleures solutions.

Enfin nous couronnerons cette étude par une conclusion générale qui tire les résultats et les perspectives de ce travail.

Chapitre I

I.1. Introduction:

Le régulateur standard le plus utilisé dans l'industrie est le régulateur PID (proportionnel intégral dérivé), le régulateur PID est bien adapté à la plupart des processus de type industriel et est relativement robuste par rapport aux variations des paramètres du procédé, quand on n'est pas trop exigeant pour les performances de la boucle fermée.

Si la dynamique du système est supérieure à un deuxième ordre, ou si le système contient un retard important, le régulateur PID n'est plus adéquat et un régulateur plus complexe (avec plus de paramètres) doit être utilisé, aux dépens de la sensibilité aux variations des paramètres du procédé.

Dans ce chapitre, on présentera la théorie de la régulation automatique d'après une loi donnée.

I. 2. Régulateur PID :

I. 2. 1. Principe générale d'un régulateur PID :

C'est un organe de contrôle permettant d'effectuer une régulation en boucle fermée d'un système industriel. C'est le régulateur le plus utilisé dans l'industrie, et il permet de contrôler un grand nombre de procédés.

L'erreur observée est la différence entre la consigne et la mesure. Le PID permet 3 actions en fonction de cette erreur :

Une action Proportionnelle : l'erreur est multipliée par un gain G .

Une action Intégrale : l'erreur est intégrée sur un intervalle de temps s , puis divisée par un gain T_i .

Une action Dérivée : l'erreur est dérivée suivant un temps s , puis multipliée par un gain T_d

Il existe plusieurs architectures possibles pour combiner les 3 effets (série, parallèle ou mixte). [2]

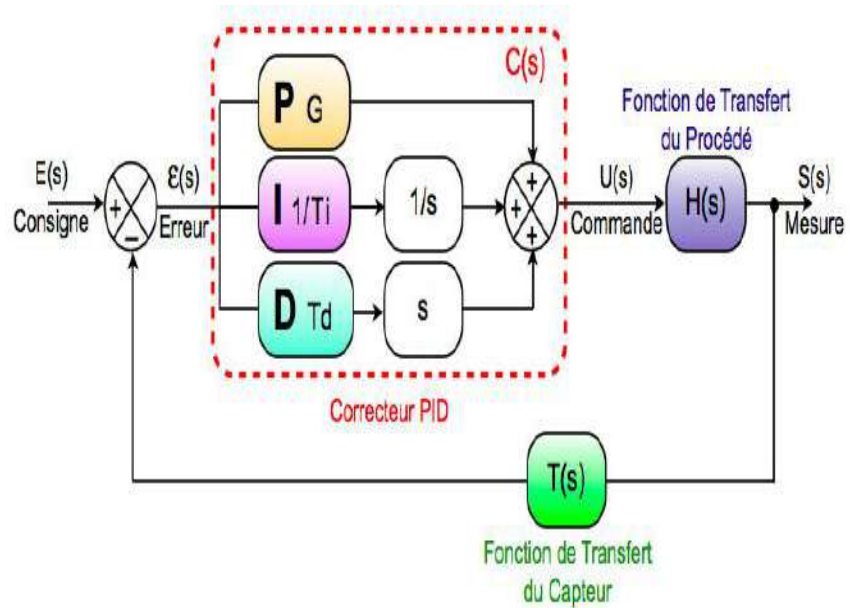


Figure I.01: Schéma de principe d'une boucle de régulation

Sur le schéma ci-dessus, la fonction de transfert exprimée dans le domaine de Laplace d'un régulateur PID parallèle est la somme des trois actions [3].

$$C(p) = K_p + \frac{1}{T_i} * \frac{1}{p} + T_d * p \quad (I. 2)$$

I.2.2 Actions de régulateur PID :

Le régulateur PID se compose de trois éléments, comme suit:

➤ **Proportionnel P :**

Le terme proportionnel produit une valeur de sortie proportionnelle à la valeur d'erreur actuelle. La réponse proportionnelle peut être ajustée en multipliant l'erreur par une constante K_p , appelée le gain proportionnel constant. Le terme proportionnel est donné par:

$$P_{out} = K_p * e(t) \quad (I. 3)$$

Un gain proportionnel élevé entraîne une modification importante de la sortie pour une modification donnée de l'erreur. Si le gain proportionnel est trop élevé, le système peut devenir instable. En revanche, un petit gain entraîne une petite réponse de sortie à une grande erreur de saisie, et un contrôleur moins sensible. Si le gain proportionnel est trop faible, l'action de contrôle peut être trop faible pour répondre aux distorsions du système. La théorie de l'accord et la pratique industrielle indiquent que le terme proportionnel devrait contribuer à l'essentiel de la variation de la production [3]

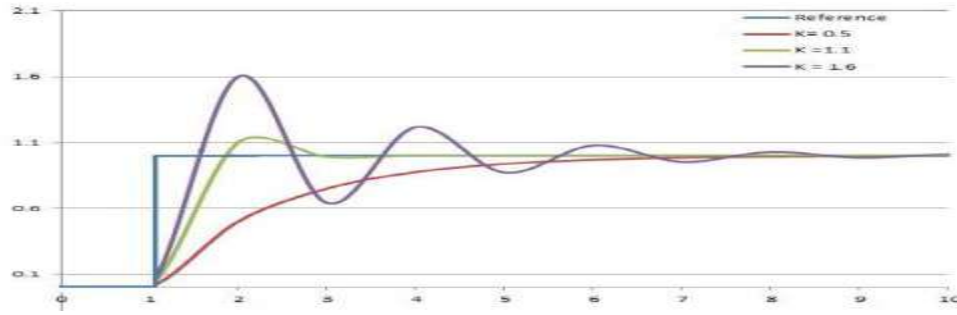


Figure I. 02: Action proportionnelle P.

➤ **Intégral :**

La contribution du terme intégral est proportionnelle à la fois à l'ampleur de l'erreur et à la durée de l'erreur. L'intégrale dans un régulateur PID est la somme des erreurs instantanées dans le temps et donne le décalage accumulé qui aurait dû être corrigé auparavant. L'erreur accumulée est ensuite multipliée par le gain intégral K_i et ajoutée à la sortie du contrôleur.

$$I_{out} = K_i \int_0^t e(t) dt \quad (I. 4)$$

Le terme intégral accélère le mouvement du processus vers le point de consigne et élimine l'erreur résiduelle en régime permanent qui se produit avec un régulateur proportionnel pur. Cependant, puisque le terme intégral répond aux erreurs accumulées du passé, il peut amener la valeur actuelle à dépasser la valeur du point de consigne. [3]

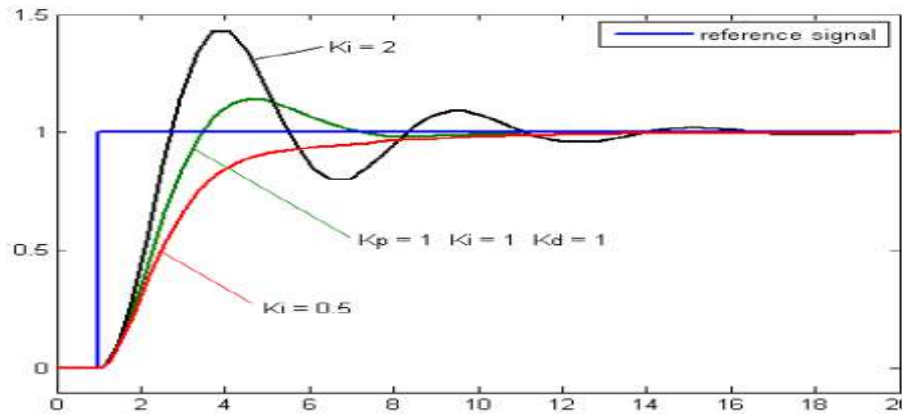


Figure I. 03: Action intégrale I.

➤ **Dérivé :**

La dérivée de l'erreur de processus est calculée en déterminant la pente de l'erreur dans le temps et en multipliant ce taux de variation par le gain différentiel K_d . L'ampleur de la contribution du terme dérivé à l'action de contrôle globale est appelée gain dérivé, K_d . Le terme dérivé est donné par :

$$D_{out} = K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (I. 5)$$

L'action dérivée conditionne le comportement du système et améliore ainsi le temps de stabilisation et la stabilité du système. Une dérivée idéale n'est pas dangereuse, de sorte que les implémentations de contrôleurs PID incluent un filtrage passe-bas supplémentaire pour le terme dérivé, afin de limiter le gain et le bruit haute fréquence. L'action dérivée est rarement utilisée dans la pratique - par une estimation dans seulement 20% des contrôleurs déployés en raison de son impact variable sur la stabilité du système dans des applications réelles. [3]

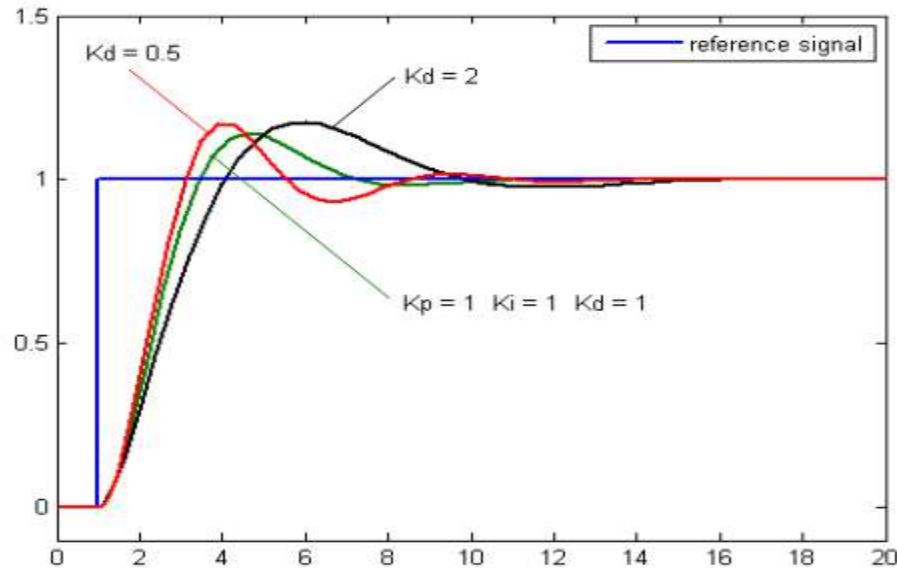


Figure I. 04: Action dérivée D.

Tableau I. 01 : Caractéristiques du régulateur PID.

Paramètre	Temps de montée	Dépassement	Temps de réglage
P	Augmente	Augmente	Chang. Faible
I	Diminue	Augmente	Augmente
D	Faible	Diminue	Diminue

I. 2. 3. Caractéristiques dynamiques d'un procédé :

❖ Temps de réponse :

C'est l'aptitude du procédé à suivre les variations de la consigne. Dans le cas d'un échelon de la consigne et croissance de la grandeur réglée définit les différents temps de réponse. Dans l'exemple ci-dessous de la figure I. 05, on mesure le temps de réponse à ±5%.

❖ Temps de montée :

Le temps de montée t_m défini lorsque le signal de sortie atteint pour la première fois 95% de sa valeur finale.

❖ Dépassement :

Le dépassement $D\%$ exprimé en pourcentage et défini par la valeur maximum du signal de sortie ramené sur sa valeur finale, [4]

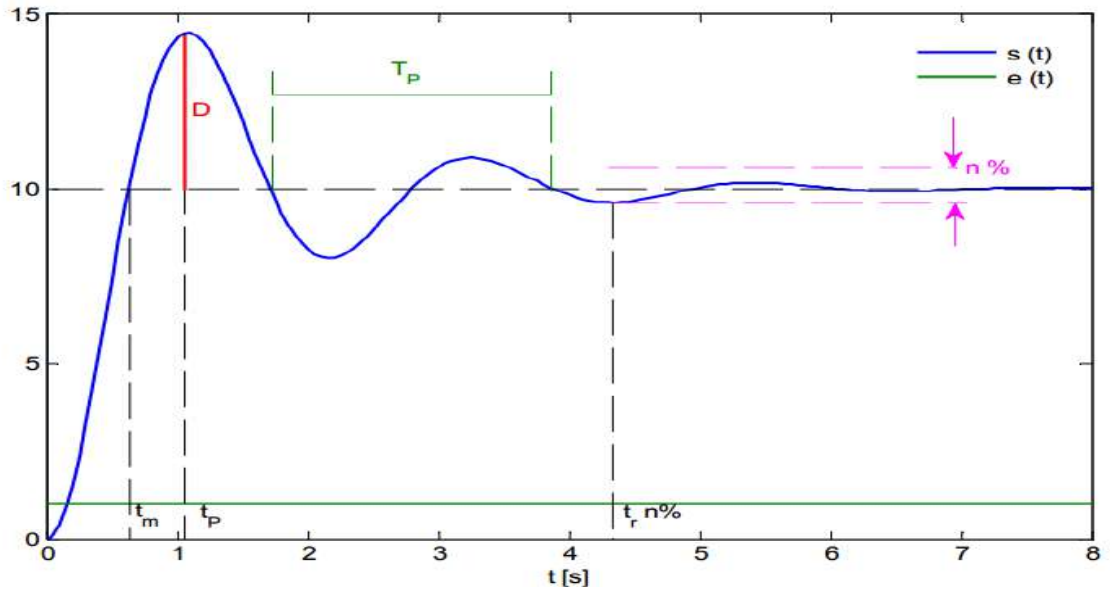


Figure I. 05: Représentation de (T_m , T_r , D)

I.3. Méthode méta heuristiques :

Les "méta heuristiques" d'optimisation sont des algorithmes généraux d'optimisation applicables à une grande variété de problèmes. Elles sont apparues à partir des années 80, dans le but de résoudre au mieux des problèmes d'optimisation. Dans la pratique, trois types de problèmes d'optimisation sont souvent rencontrés : les problèmes combinatoires (discrets), les problèmes continus (à variables continues), et les problèmes mixtes [30]. Elles sont généralement utilisées comme des méthodes génériques pouvant optimiser une large gamme de problèmes différents, sans nécessiter de changements profonds dans l'algorithme employé. Etymologiquement parlant de ce mot est composé dans un premier temps du préfixe méta qui signifie « au delà » ou « plus haut » en grec puis de « heuristique » qui signifie « trouver ».

Cette décomposition permet facilement comprendre le but premier de ces algorithmes: trouver des solutions à des problèmes en utilisant plusieurs métras heuristiques. Méta- heuristiques utilisent des processus aléatoires comme moyens de récolter de l'information et de faire face à des problèmes comme l'explosion combinatoire. En plus de cette base stochastique, les métras heuristiques sont généralement itératives, c'est-à-dire qu'un même schéma de recherche est appliqué plusieurs fois au cours de l'optimisation, et directes, c'est-à-dire qu'elles n'utilisent pas l'information du gradient de la fonction objectif. Elles tirent en particulier leur intérêt de leur capacité à éviter les optimaux locaux, soit en acceptant une

dégradation de la fonction objective au cours de leur progression, soit en utilisant une population de points comme méthode de recherche.

Les méta- heuristiques, du fait de leur capacité à être utilisées sur un grand nombre de problèmes différents, se prêtent facilement à des extensions. Pour illustrer cette caractéristique, citons notamment :

- L'optimisation multi objectif (dites aussi multicritère), ou il faut optimiser plusieurs objectifs contradictoires. La recherche vise alors non pas à trouver un optimum global, mais un ensemble d'optima «au sens de Pareto» formant la «surface de compromis» du problème.
- L'optimisation multimodale, ou l'on cherche un ensemble des meilleurs optima globaux et/ou locaux.
- L'optimisation de problèmes bruités, où il existe une incertitude sur le calcul de la fonction objectif. Incertitude dont il faut alors tenir comptes dans la recherche de l'optimum.
- L'optimisation dynamique, ou la fonction objective varie dans le temps. Il faut alors approcher au mieux l'optimum à chaque pas de temps.
- La parallélisations, ou l'on cherche à accélérer la vitesse de l'optimisation en répartissant la charge de calcul sur des unités fonctionnant de concert. Le problème revient alors à adapter les méta- heuristiques pour qu'elles soient distribuées.
- L'hybridation, qui vise à tirer parti des avantages respectifs de méta- heuristiques différentes en les combinant [3].

I.4. Critères de performance :

Les critères d'intégrale d'erreur prennent en compte la totalité de la réponse des procédés. Le tableau (1.2) résume les indices de performances les plus utilisés [6]:

Tableau 1.2.Fonction objective intégrale commune.

Étiquette	Légende	Formule
ISE	Intégrale de l'Erreur Quadratique	$f_{ISE} = \int_0^t e^2(t) dt$
IAE	Intégrale de la valeur absolue de l'erreur	$f_{IAE} = \int_0^t e(t) dt$
ITSE	L'intégral de l'erreur de multiplier au carré de temps	$f_{ITSE} = \int_0^t te^2(t) dt$
ITAE	L'intégral de temps multiplier l'erreur absolue	$f_{ITAE} = \int_0^t e(t) (t) dt$

I.5 Système étudiée

I.5.1 Définition :

La plate-forme expérimentale "Basic Process Rig 38-100 Feedback Unit" utilisée pour tester les contrôleurs conçus par la méthode d'optimisation proposée. La plate-forme se compose d'un circuit d'eau à basse pression qui est monté sur banc et complètement. Le circuit d'eau est disposé devant un panneau vertical, comme on peut le voir sur la figure I. 06 : [13]

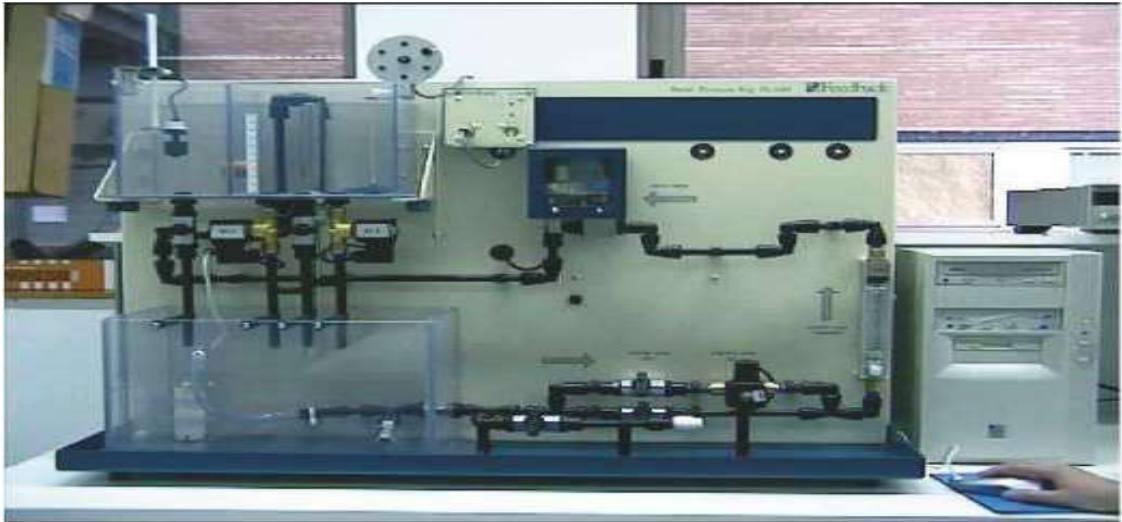


Figure I. 06:Photo de l'unité de rétroaction Basic Process Rig 38-100

I.5.2 Les éléments de l'unité de rétroaction Basic Process Rig 38- 100 :

Il est composé des éléments suivants :

Pompe, Réservoir, Contrôle Réservoir, Potentiomètre, Flotteur, Servomoteur, débitmètre à impulsions, Électrovanne (x2), et vanne manuelle. L'image ci-dessous montre les endroits de ces éléments : [13]

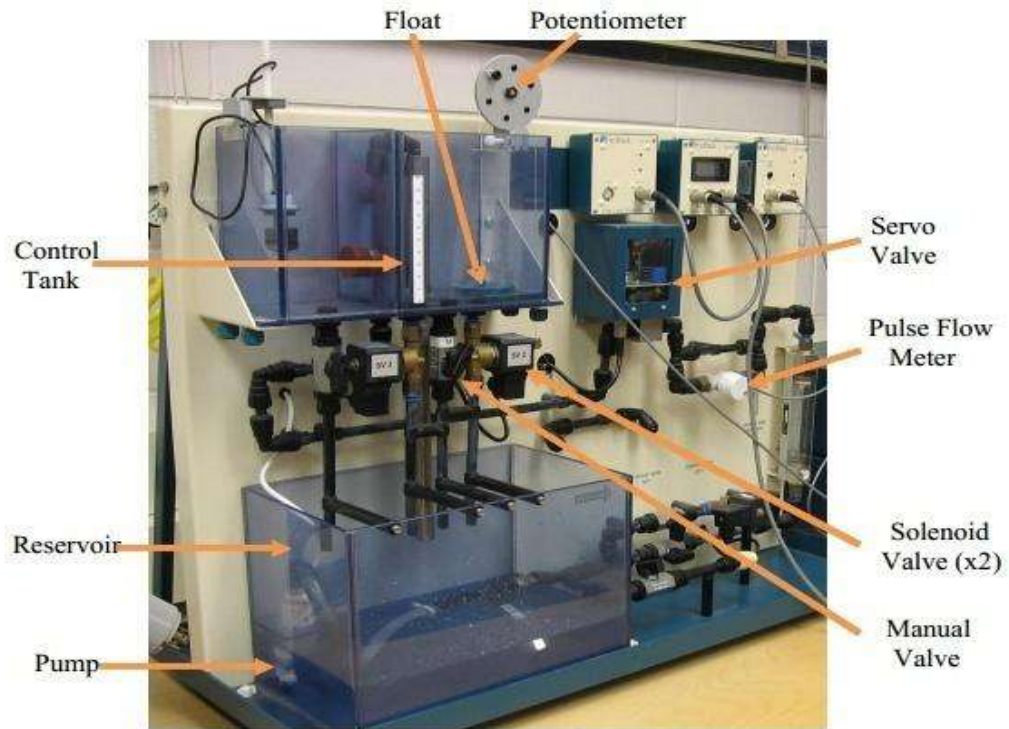


Figure I. 07: Composants Process Rig modèle 38-100 [7].

➤ Fonction de transfert du système

Le système étudié à la fonction de transfert suivante [7] :

$$G(s) = \frac{k}{Ts+1} e^{-Ls} = \frac{3.13}{433.33 s+1} e^{-50s} \quad (I 6)$$

Le système de niveau de liquide est modélisé par une fonction de transfert du premier ordre avec un gain $k= 3,13$ et une constante de temps $T= 433,33$ sec, avec un retard $L= 50$ sec.

La figure I. 07 montre le schéma de principe de boucle de régulation de niveau d'eau.

I.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons proposé deux parties ; la première partie pressante la théorie du régulateur PID et le système de niveau à régler "l'unité de processus de base Rig 38-100". Par contre, la deuxième nous avons aussi mentionné les méthodes méta heuristiques, qui nous permet de trouver les meilleures solutions aux problèmes difficiles, et nous allons présenter la méthode méta heuristiques de recherche tabou dans le deuxième chapitre.

Chapitre II

II.1. INTRODUCTION

Un méta heuristique est un algorithme d'optimisation visant à résoudre des problèmes d'optimisations difficile (souvent issus des domaines de la recherche opérationnelle, de l'ingénierie ou de l'intelligence artificielle) pour lesquels on ne connaît pas de méthode classique plus efficace. Les méta heuristiques sont généralement des algorithmes stochastiques itératifs, qui progressent vers un optimum global, c'est-à-dire l'extremum global d'une fonction, par échantillonnage d'une fonction objectif. Elles se comportent comme des algorithmes de recherche, tentant d'apprendre les caractéristiques d'un problème afin d'en trouver une approximation de la meilleure solution.

Dans ce chapitre, nous commencerons par définir explicitement l'algorithme recherche tabou.

II. 2.principe de base de recherche tabou :

L'idée de la recherche taboue consiste, à partir d'une solution courante x_n à l'étape n , à en explorer le voisinage et à choisir la meilleure solution x^* qu'il contient. Il est essentiel de noter que cette opération peut conduire à augmenter la valeur de la fonction : c'est le cas lorsque les évaluations de tous les points du voisinage ont une valeur plus élevée que l'évaluation du point courant. C'est à partir de ce mécanisme que l'on sort d'un minimum local. Le risque cependant est qu'à l'étape suivante, on retombe dans le minimum local auquel on vient d'échapper. Il faut donc mettre en place un mécanisme qui évite le cyclée ou en tous cas qui permette de faire un choix différent de (x_{n+1}) si la recherche nous ramenait à la solution x_n . La solution retenue consiste en l'introduction d'une mémoire dans l'algorithme. Les solutions déjà explorées sont conservées dans une liste (appelée souvent liste taboue) d'une taille donnée, qui est un paramètre ajustable de l'heuristique. Cette liste doit conserver des solutions complètes, ce qui dans certains types de problèmes, peut nécessiter l'archivage d'une grande quantité d'informations. Cette difficulté peut être contournée en ne gardant en mémoire que les mouvements précédents, associés à la valeur de la fonction à minimiser.

Dans ce dernier cas, il est tout à fait possible que les listes taboues écartent des solutions non rencontrées. On peut alors imaginer de mettre en place un système permettant de négliger le statut tabou de certaines solutions si un avantage suffisant en résulte. On implémente ceci à l'aide de critères d'aspiration tels que : accepter x^* tabou si x^* donne à la fonction objectif une valeur meilleure que toutes celles obtenues jusqu'à présent ou si la valeur de l'objectif est améliorée d'au moins 1%.

Les paramètres les plus critiques à définir dans la méthode de la recherche taboue sont, la mémoire, la longueur de la liste taboue (L), le tabou (le nombre de points autour de

recherche autour de voisinage (M)), l'aspiration, l'intensification et la diversification. La méthode de la recherche taboue est caractérisée par :

- A chaque itération, on examine complètement le voisinage de la solution actuelle, et on va vers la meilleure solution.
- On s'interdit de revenir sur une solution visitée dans un passé proche grâce à une liste tabou T (taboue liste) de longueur limitée, qui stocke de manière compacte les dernières solutions visitées.
- On conserve en cours de route la meilleure solution trouvée. [1]

II. 2. 1. Mémoire

Elle préserve un nombre d'états visités précédemment accompagné d'un nombre d'états qui pourraient être non acceptés.

II. 3. Eléments de base de la TSA :

II. 3.1 Voisinage :

Le voisinage d'une solution est l'ensemble des solutions atteignables à partir de celle-là après l'application d'un mouvement. L'étape d'évaluation des solutions voisines est une étape pertinente dans les méthodes basées solution unique, et peut consommer la plus part de temps d'exécution, donc nous reposons sur un modèle maître- travailleurs pour établir une évaluation parallèle d'un tel voisinage. Le processus maître engendre l'ensemble des solutions voisines de la solution courante et envoie chaque partie à un processus travailleur qui à son tour fait les calculs pour évaluer la partie qui lui est associée, après il renvoie le résultat au processus maître ; ce dernier compare les résultats reçus et choisit le meilleur. [2]

II. 3. 2. Liste Tabou :

Les taboues sont une manière de représenter la mémoire du cheminement effectué pour diriger l'exploration vers des régions non visitées. La manière la plus simple de définir les tabous est de conserver une liste taboue qui contient les dernières solutions rencontrées et on empêche à la procédure d'y retourner. On gère cette liste comme une liste circulaire : on élimine le plus vieux tabou et on insère la nouvelle solution (cette solution peut s'avérer coûteuse en termes de quantité d'information requise).

Le rôle de la liste tabou est d'interdire les mouvements cycliques. La longueur de la liste doit être bien choisie. La valeur moyenne des solutions visitées se développe proportionnellement avec l'augmentation de la taille de liste taboue. [1]

II. 3. 3. Intensification:

L'intensification est une stratégie destinée à restreindre la trajectoire de recherche à une partie de l'espace des solutions jugée prometteuse. Cette approche est motivée par l'idée intuitive que, si l'on exhibe une solution particulièrement intéressante au cours d'une exploration rapide, alors il y a de fortes chances pour qu'un examen plus poussé dans sa proximité en fournisse de meilleures encore. [1]

II. 3. 4. Critère d'aspiration :

Le critère d'aspiration fût introduit la première fois en 1986 par Fred Glover. En 1989, il publie un autre article sur son algorithme Tabou où il explique entre autre le fonctionnement du critère d'aspiration. L'idée derrière cette technique amélioratrice est d'accepter certains mouvements récemment effectués et qui en temps normal, ne seraient pas acceptés par les règles du tabou. Le fait qu'on gère ici des mouvements plutôt que des solutions, nous permet de mémoriser uniquement ces mouvements au lieu de mémoriser des solutions complètes qui alourdissent considérablement la recherche. Cette problématique est principalement rencontrée lors de la vérification de présence d'une solution voisine dans la liste taboue. Mais la mémorisation des mouvements ne présente pas que des avantages. Le fait de mémoriser des mouvements peut amener à visiter la même solution plusieurs fois et cela sans enfreindre l'interdiction qu'impose la liste taboue. Un autre inconvénient au fait de mémoriser des mouvements est qu'il se peut que la liste taboue ne permette pas de visiter des solutions qui n'ont jamais été explorées, même si celles-ci peuvent être des optimums. Face à ce dernier défaut relatif à la mémorisation des mouvements, l'utilisation du critère d'aspiration est d'une grande utilité. En effet, en libérant de la liste taboue uniquement les mouvements satisfaisant le critère d'aspiration, on peut trouver des solutions meilleures que la meilleure solution rencontrée depuis le début. Donc, le critère d'aspiration peut décider quand un mouvement est bénéfique et donne ainsi la permission à l'algorithme d'entreprendre ce mouvement même s'il est interdit. [3]

II. 3. 5. Critère d'arrêt :

Le processus du calcul continu jusqu'à que le nombre d'itérations atteint la valeur maximale prédéfini ou qu'une solution de fonction objectif acceptable est trouvée. [4]

II. 3. 6. Diversification:

Afin d'éviter qu'une grande région de l'espace de recherche reste inconnue et inexplorée, il est important de diversifier la recherche en effectuant plusieurs lancements aléatoires. La manière la plus simple de le faire est d'effectuer plusieurs lancements aléatoires.

Un autre moyen, qui garantit l'exploration des régions non visitées est de pénaliser les mouvements ou les solutions fréquemment visitées. Cette pénalité est posée de telle sorte à assurer l'éloignement et l'évitement des régions courantes.

Il est également possible d'employer une pénalité sur les mouvements fréquemment effectués pendant toute la procédure de recherche. Pendant cette phase de diversification, les solutions visitées ne sont pas obligatoirement réalisables. [1]

II. 4. Algorithme de recherche tabou

La meilleure analogie sans doute pour expliquer l'idée derrière l'algorithme RT serait la fable des randonneurs. Imaginons un randonneur malchanceux perdu dans la montagne. Il voudrait rejoindre le point de plus basse altitude puisqu'il sait qu'une équipe de secours passe régulièrement par ce point. Il ne sait pas qu'elle est l'altitude de son objectif et un brouillard l'empêche de voir loin. Face à un tel problème, la méthodologie de la recherche Tabou lui permettrait d'atteindre son objectif. Partant de n'importe quelle position du randonneur, la RT lui proposera de se déplacer vers le point qui le mènera à la plus basse altitude que le brouillard lui permette de voir. Une fois arrivé, il devra chercher de nouveau parmi toutes les positions qu'il peut apercevoir, la prochaine plus basse position pourvu qu'il ne l'ait pas déjà visitée. Il arrive dans certains cas que la position choisie soit de plus haute altitude que la position actuelle du randonneur. Le fait de remonter à cette nouvelle position, peut s'avérer une bonne décision puisque cette action peut mener le randonneur à de nouvelles positions encore plus basses que celle qu'il a trouvé depuis son départ. En poursuivant ainsi de suite, le randonneur se déplacera d'un point à un autre tout en mémorisant les T dernières positions qui lui seront taboues.

Il est vrai que la fable des randonneurs favorise la compréhension de l'algorithme tabou. Mais dans le cadre d'un travail de recherche, il est impératif de passer à une description formelle et rigoureuse de cet algorithme. Dans cette optique, on s'est inspiré de la description d'Alain Hertz de l'algorithme Tabou qu'on présente comme suit :

Définition du problème :

Soit N l'ensemble de toutes les solutions possibles, et F une fonction à optimiser et qui détermine la valeur $F(S)$ de toute solution S dans N .

Le problème à résoudre est donc le suivant :

Max $F(S)$

Sous contraintes : $S \in N$

On appelle voisinage, la fonction V qui associe un sous-ensemble de N à toute solution $S \in N$. Ainsi un voisin de S est toute solution $S' \in V(S)$.

Une solution $S \in N$ est considérée comme étant un maximum local dans un voisinage V si :

$$F(S') \leq F(S) \quad \forall S' \in V(S).$$

Une solution $S \in N$ est dite un maximum global si : $F(S') \leq F(S) \quad \forall S' \in N$

➤ **Principe :**

Durant l'évolution itérative de la recherche Tabou, cet algorithme choisit à chaque itération la meilleure solution $S' \in V(S)$, même si $F(S) > F(S')$. Quand la recherche atteint un maximum local S dans un voisinage V , l'algorithme Tabou sera contraint de se déplacer vers une solution S' avec $F(S) > F(S')$. Dans certain cas, il arrive que le voisinage de la solution S' contienne la solution $S \in V(S')$. Alors, même si la solution S est un maximum local dans le voisinage V , il ne faut surtout pas revenir immédiatement à S , sinon la recherche se trouverait piégée à tourner en rond entre S et S' . Afin d'éviter ce problème, l'algorithme Tabou fait intervenir une liste T baptisée liste taboue. Cette liste permet de mémoriser durant un nombre limité d'itérations (mémoire à court terme), les dernières solutions visitées et d'interdire tout déplacement vers ces solutions. On appelle toute solution figurant dans la liste T une solution taboue. [3]

➤ **Initialisation :**

Identification d'une solution initiale, création d'une liste taboue vide, on pose :

Meilleure solution = solution, définir une condition d'arrêt

➤ **Répéter :**

Si Valeur de la solution > valeur de la meilleure solution Puis

 Poser meilleure solution = solution

Si la condition d'arrêt n'est pas satisfaite Puis

 Ajouter la solution à la liste taboue

Si la liste taboue est pleine Puis

 Supprimer les anciennes solutions de la liste taboue

 Trouver une nouvelle solution par des transformations de la solution

Si aucune solution trouvée ou

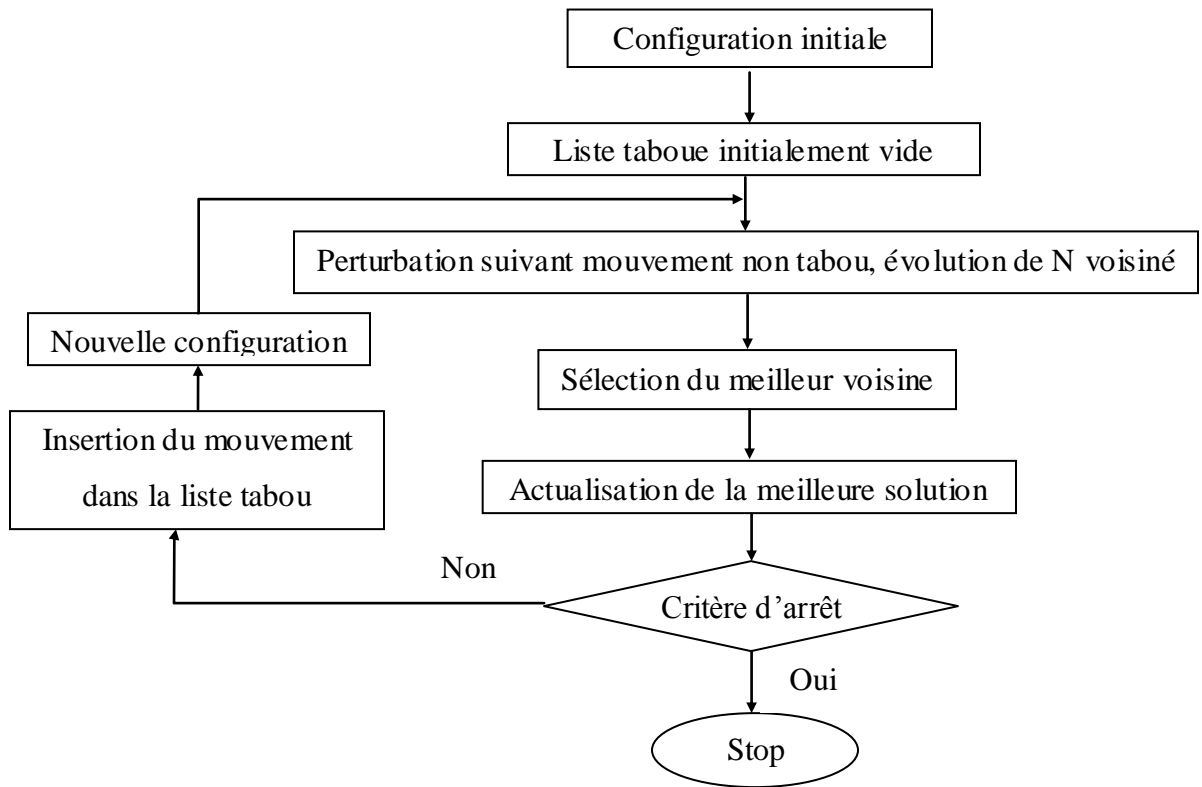
Si aucune nouvelle solution meilleure trouvée pour une longue période Puis

 Générer aléatoirement une nouvelle solution

Si la liste taboue ne contient pas la nouvelle solution générée Puis

 Poser solution = nouvelle solution

Fin. [1]

**Figure. II. 01 :** Organigramme général de la méthode de la recherche Taboue

II. 5. Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'avoir une vue générale sur les concepts de la recherche taboue qui sont des algorithmes simples de conception et peuvent résoudre des problèmes assez complexes. La résolution de ces problèmes est obtenue grâce aux opérateurs de reproduction.

La Recherche Taboue est une procédure assez robuste pour résoudre les problèmes d'optimisation.

Chapitre III

III. 1. Introduction

III. 2. Méthode Ziegler-Nichols

Le troisième chapitre de ce mémoire est consacré à l'implémentation de l'algorithme Recherche Tabou pour l'optimisation paramètre de la régulateur PID (K_p , K_i , K_d). Le module d'optimisation à développer pour les différentes fonctions objectives (IAE, ISE, ITSE, ITAE) pour garantir la robustesse du système. Après avoir extrait les paramètres améliorés, nous avons comparé les résultats avec la méthode classique Nichols Ziegler.

III. 2. 1. Définition :

En 1942, Ziegler et Nichols ont proposée deux approches heuristiques basées sur leur expérience et quelques simulations pour ajuster rapidement les paramètres des régulateurs **P**, **PI** et **PID**. La première méthode nécessite l'enregistrement de la réponse indicielle en boucle ouverte, alors que la deuxième demande d'amener le système boucle à, sa limite de stabilité. [11]

III. 2. 2. Ziegler-Nichols P-I-D méthode de réglage du contrôleur :

La méthode de Ziegler Nichols est une astuce empirique de l'ajustement des paramètres d'un régulateur P.I.D pour commander un processus à partir de mesures sur sa réponse indicielle.

La réponse à un échelon d'amplitude E_0 , sans oscillations, sera assimilée à celle d'un premier ordre avec retard. On devra mesurer la pente de la tangente au point d'inflexion Y_q , la valeur finale kE_0 et le retard τ . La tangente au point d'inflexion est assimilée à la tangente à l'origine du système du premier ordre sans retard.

Ziegler Nichols propose des réglages de correcteur P, PI ou PID pour avoir une réponse en boucle fermée satisfaisante. Le critère utilisé pour savoir si une réponse est satisfaisante est que le rapport entre les deux premiers dépassements (positifs) est de 0,25. Un correcteur PID a comme fonction de transfert :

$$C(p) = K_r \left(1 + \frac{1}{K_i p} + K_d p \right) \quad (\text{III. 1})$$

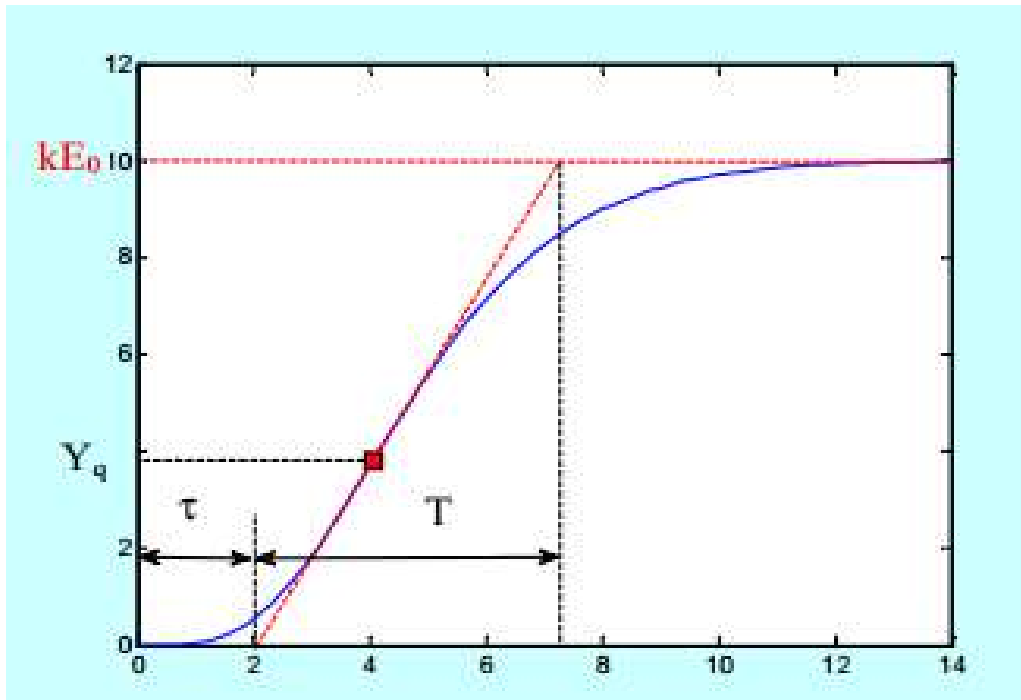


Figure III. 01 : Réponse indicielle du système

Dans le cas où il est impossible d'ouvrir la boucle de régulation pour obtenir la réponse indicielle, une seconde méthode de Ziegler Nichols permet de régler un correcteur. On place un correcteur proportionnel dans la boucle fermée et on augmente doucement le gain de ce correcteur jusqu'à obtenir des oscillations auto-entretenues, on note le gain K_0 qui a amené le système en limite de stabilité et la période T_0 des oscillations obtenues.

Les paramètres de régulation pour que la réponse du système soit satisfaisante sont donnés par le tableau suivant : [12]

Tableau III. 01 : Les paramètres de régulation en BO et BF

Réglage d'un correcteur P, PI, PID selon Ziegler Nichols en BO			
Type de correcteur	K_r	K_i	K_d
P	$\frac{E_0 T}{M t}$		
PI	$0.9 \frac{E_0 T}{M t}$	$3.3 t$	
PID	$1.2 \frac{E_0 T}{M t}$	$2 t$	$0.5 t$
Réglage d'un correcteur P, PI, PID selon Ziegler Nichols en BF			
Type de correcteur	K_r	K_i	K_d
P	$0.5 k_0$		
PI	$0.45 k_0$	$0.83 T_0$	
PID	$0.6 k_0$	$0.5 T_0$	$0.125 T_0$

III. 2. 3. La avantage et l'inconvénient [12] :

➤ **Les avantages :**

- ✓ C'est une expérience facile; seulement besoin de changer le contrôleur P.
- ✓ Comprend la dynamique de l'ensemble du processus, ce qui donne une image plus précise de la façon dont le système se comporte.

➤ **Les inconvénients :**

- ✓ L'expérience peut prendre beaucoup de temps.
- ✓ Il peut s'aventurer dans des régions instables tout en testant le contrôleur P, ce qui pourrait rendre le système hors de contrôle.
- ✓ Dans certains cas, cela peut entraîner un gain agressif et un dépassement.

III. 3. Résultats et simulation :

Le but est de trouver un ensemble de paramètres PID qui donneront une valeur minimale de la fonction fitness sur la période $[0, t]$. Chaque ensemble de paramètres PID est transmis à la boucle de régulation. A partir des réponses, il calcule ensuite la valeur de la fonction fitness. Le but de l'algorithme recherche tabou est de minimiser la valeur de fitness. Ceci est suivi par le processus de mutation, puis le processus de croisement. Lorsque ce cycle est terminé, de nouveaux ensembles de valeurs PID sont produits, qui seront idéalement à un niveau de fitness supérieur à la population initiale des valeurs PID.

III. 3. 1. Performances du contrôleur PID avec méthode ziegler-nichols:

Nous avons appliques la méthode Z-N sur le schéma suivant :

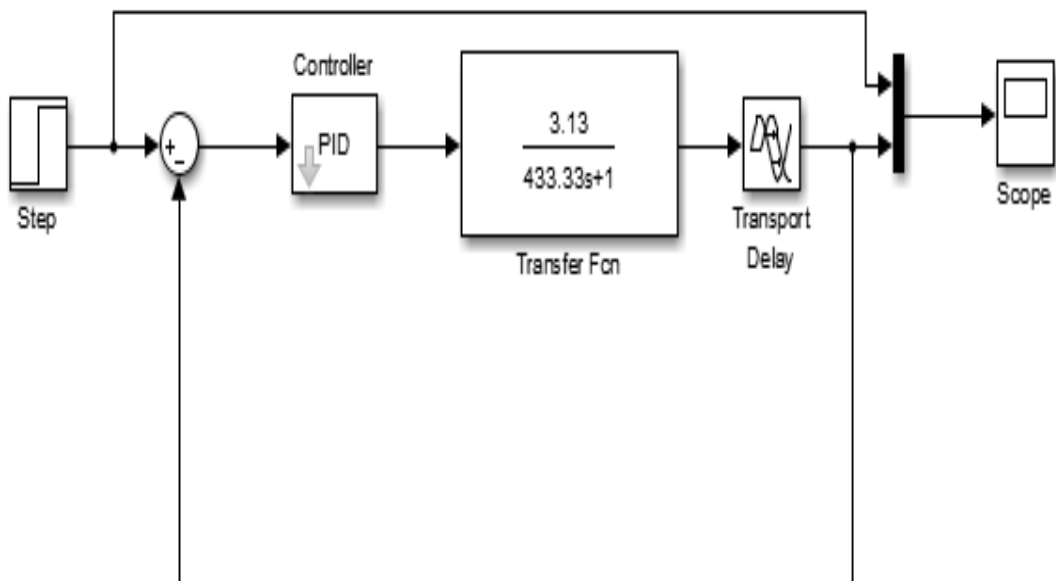


Figure III. 02: boucle de régulation avec régulateur Z-N

La courbe suivante représenté les résultats oscillations du système:

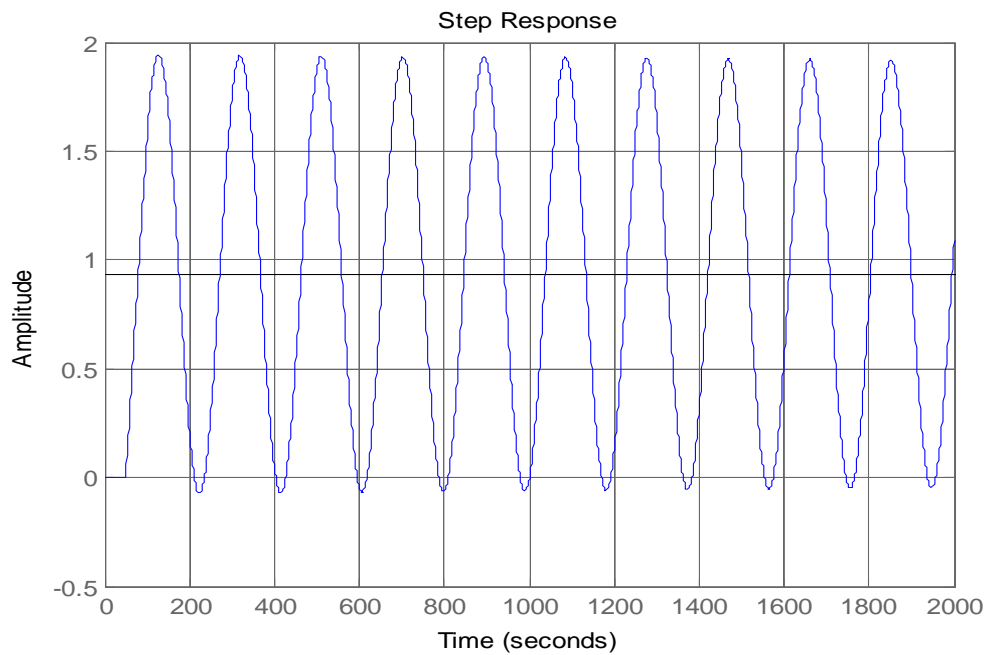


Figure III. 03. Oscillations soutenues sur le point de consigne

L'analyse des deux courbes temporelles nous permet de voir que l'on a :

$K_c = 4.78$, $T_c = 185$ sec.

Dans de première cas la simulation est effectuée pour méthode **Z N**, en appliquant à la boucle de régulation de niveau, avec les valeurs $k_p=2.868$, $k_i=0.0108$, $k_d=23.125$.

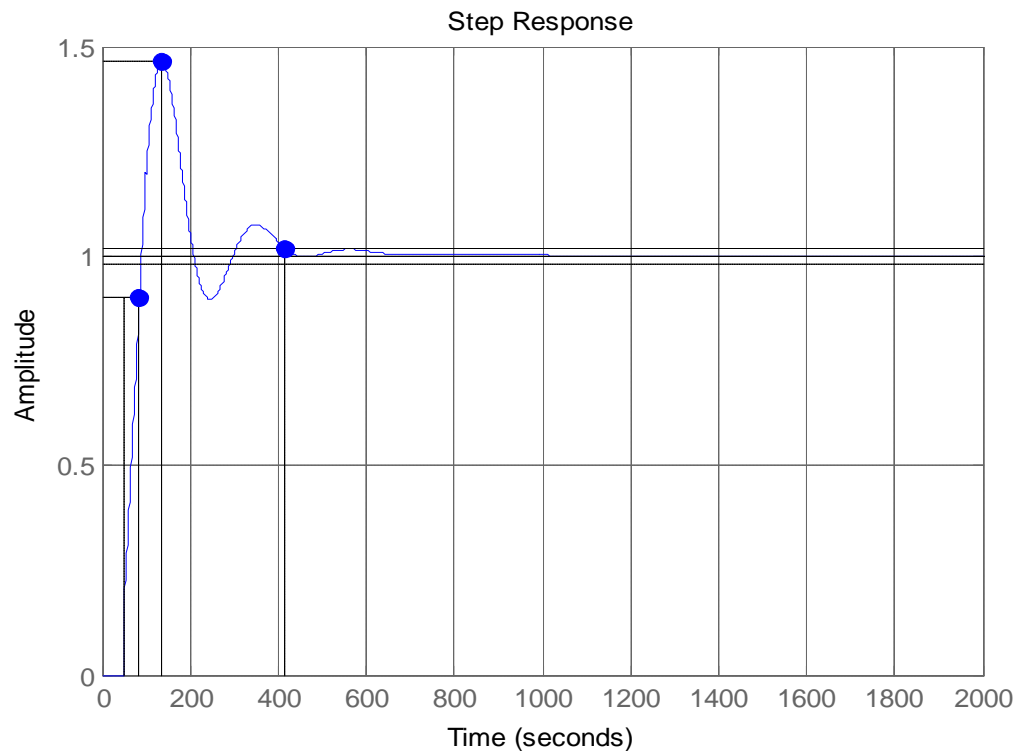


Figure III. 04: Performances du contrôleur **PID** avec méthode ziegler-nichols

Tableau III. 02: les résultats de simulation Z-N

	Trm (s)	Tr (s)	Tm (s)	D (%)
Résultat	136	415	35.5	46.7

Comme le montrent les résultats du tableau III. 02 la valeur du dépassement maximal est très grande, presque **46%** et même chose avec les valeurs des temps de stabilisation, le temps de montée et l'erreur statique.

III. 3. 2. Performances du contrôleur RT-PID avec l'erreur IAE

Dans le deuxième cas : la simulation est effectuée pour **PID-RT-IAE**, en appliquant à la boucle de régulation de niveau. La figure III. 05 illustre les performances des contrôleurs **PID-RT-IAE** accordées par les fonctions de coût IAE. Une fois que nous avons obtenu la valeur de K_p , K_i et K_d de la méthode de **RT-IAE**, nous avons inséré ces valeurs avec la fonction de transfert de PID. Nous appliquons les paramètres suivant $K_p=1.6532$ et $K_i=0.0038$ et $K_d=0.6955$ au contrôleur PID :

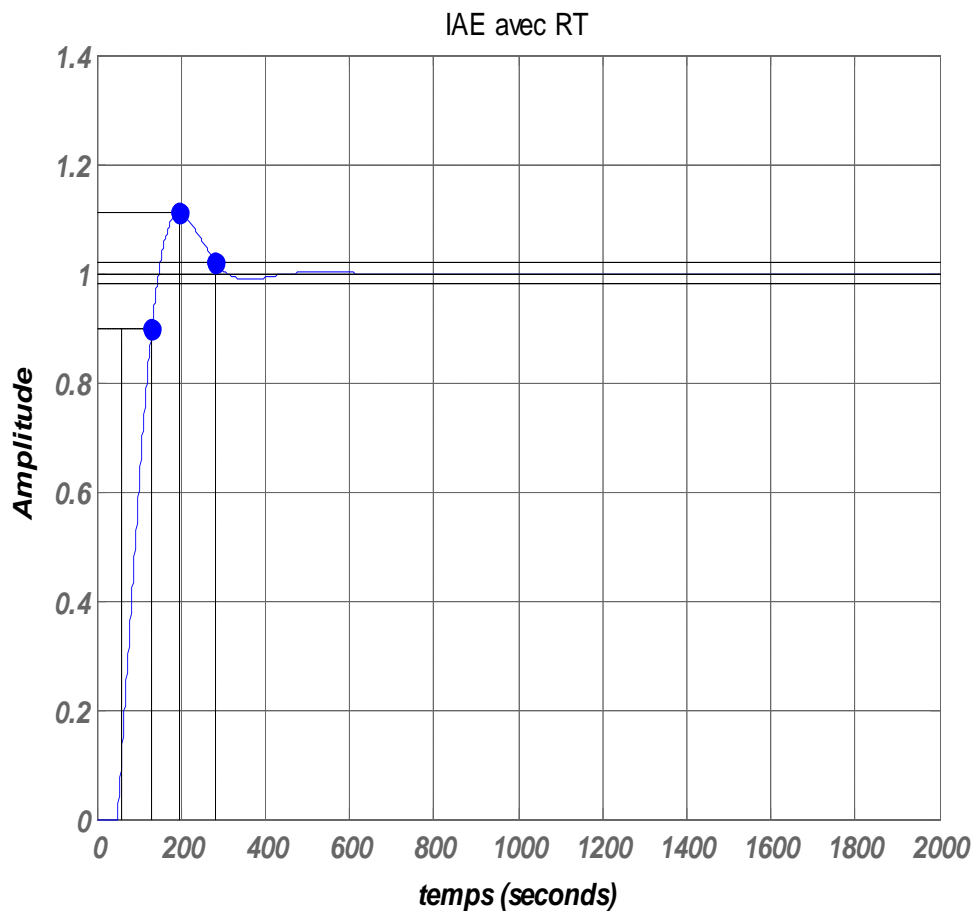


Figure III. 05: Performances du contrôleur RT-PID avec l'erreur IAE

Tableau III. 03. Performances du contrôleur **RT-PID** avec l'erreur **IAE**

	Trm (s)	Tr (s)	(s)	D (%)
Résultat	197	283	73.2	10.9

Comme le montrent les résultats du tableau III. 03 la valeur du dépassement maximal est très faible, presque **11%** et les valeurs des temps de stabilisation, le temps de montée et l'erreur statique obtenue par **PID-RT-IAE** était beaucoup moins que ces valeurs par la méthode Nichols-Ziegler.

III. 3. 3. Performances du contrôleur RT-PID avec l'erreur ISE

Dans le troisième cas : la simulation est effectuée pour **PID-RT-ISE**, en appliquant à la boucle de régulation de niveau. La figure **III. 06** illustre les performances des contrôleurs **PID-RT-ISE** accordées par les fonctions de coût ISE. Une fois que nous avons obtenu la valeur de K_p , K_i et K_d de la méthode de **RT-ISE**, nous avons inséré ces valeurs avec la fonction de transfert de PID. Nous appliquons les paramètres suivant $K_p=2.2642$ et $K_i=0.0032$ et $K_d=2.7925$ au contrôleur PID :

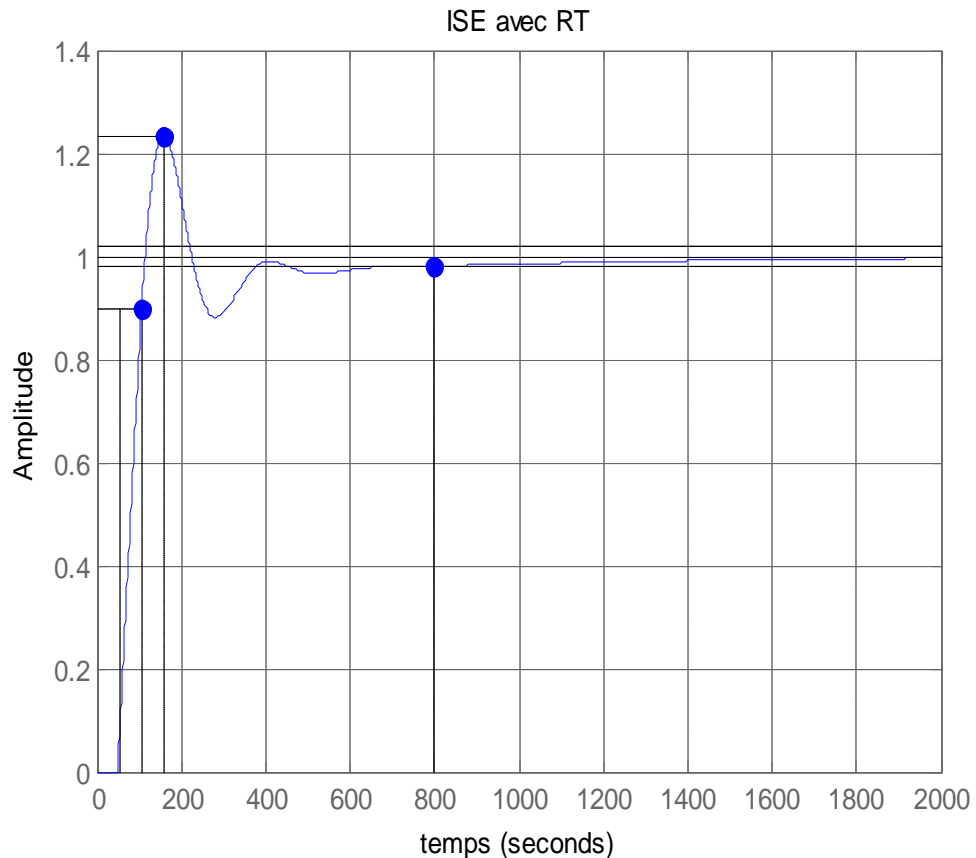
**Figure III. 06:** Performances du contrôleur **RT-PID** avec l'erreur **ISE**

Tableau III. 04. Performances du contrôleur **RT-PID** avec l'erreur **ISE**

	Trm (s)	Tr (s)	Tm (s)	D (%)
Résultat	158	810	50.9	23.4

Comme le montrent les résultats du tableau III. 04, une grande augmentation du temps de réponse et la valeur de dépassement est moyenne. Et les valeurs de temps de montée et l'erreur statique obtenue par **PID-RT-ISE** étaient beaucoup moins que ces valeurs par la méthode Nichols-Ziegler.

III. 3. 4. Performances du contrôleur **RT-PID** avec l'erreur **ITSE**

Dans le quatrième cas : la simulation est effectuée pour **PID-RT-ITSE**, en appliquant à la boucle de régulation de niveau. La figure III. 07 illustre les performances des contrôleurs **PID-RT-ITSE** accordées par les fonctions de coût **ITSE**. Une fois que nous avons obtenu la valeur de K_p , K_i et K_d de la méthode de **RT-ITSE**, nous avons inséré ces valeurs avec la fonction de transfert de PID. Nous appliquons les paramètres suivants : $K_p=2.6434$ et $K_i=0.0043$ et $K_d=56.0609$ au contrôleur PID :

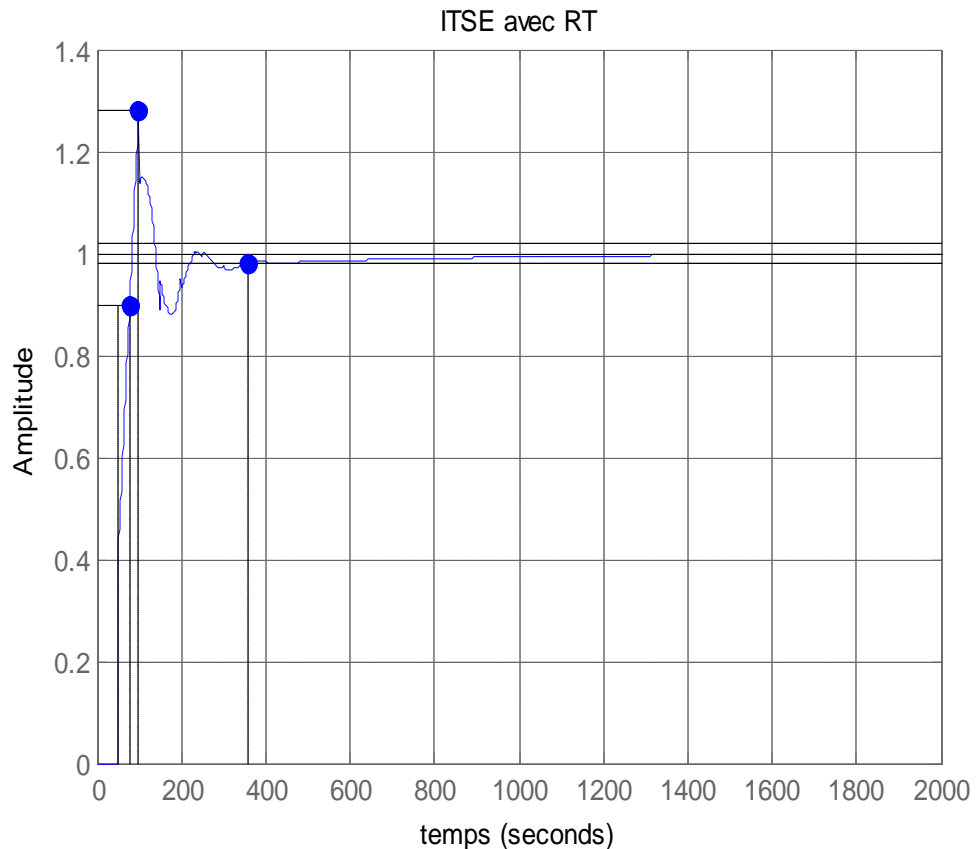
Figure III. 07: Performances du contrôleur **RT-PID** avec l'erreur **ITSE**

Tableau III. 05. : Performances du contrôleur **RT-PID** avec l'erreur **ITSE**

	Trm (s)	Tr(s)	Tm(s)	D(%)
résultat	99	358	26.2	28.2

Comme le montrent les résultats du tableau III. 05 la valeur du temps réponse et dépassement diminué par rapport à la précédent et les valeurs des temps de stabilisation, le temps de montée et l'erreur statique obtenue par **PID-RT-IAE** était beaucoup moins que ces valeurs par la méthode Nichols-Ziegler.

III. 3. 5. Performances du contrôleur RT-PID avec l'erreur ITAE

Dans le cinquième cas : la simulation est effectuée pour **PID-RT-ITAE**, en appliquant à la boucle de régulation de niveau. La figure III. 08 illustre les performances des contrôleurs **PID-RT-ITAE** accordées par les fonctions de coût ITAE. Une fois que nous avons obtenu la valeur de K_p , K_i et K_d de la méthode de **RT-ITAE**, nous avons inséré ces valeurs avec la fonction de transfert de PID. Nous appliquons les paramètres suivant $K_p=1.4704$ et $K_i=0.0034$ et $K_d=1.1787$ au contrôleur PID :

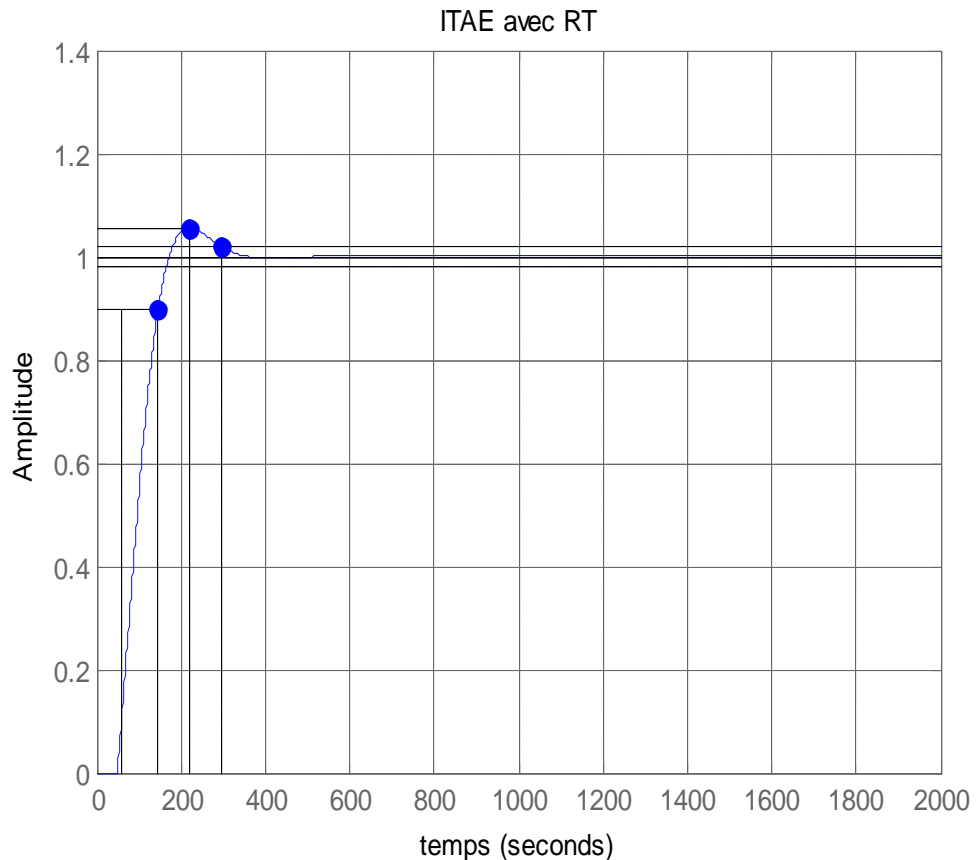
**Figure III. 08:** Performances du contrôleur **RT-PID** avec l'erreur **ITAE**

Tableau III. 06: Performances du contrôleur **RT-PID** avec l'erreur **ITAE**

	Trm (s)	Tr (s)	Tm (s)	D (%)
Résultat	221	298	87.5	5.56

Comme le montrent les résultats du tableau III. 06 la valeur du temps réponse et dépassement diminué par rapport à la précédent et les valeurs des temps de stabilisation, le temps de montée et l'erreur statique obtenue par **PID-RT-ITAE** était beaucoup moins que ces valeurs par la méthode Nichols-Ziegler.

III. 3. 6. Comparaison des Performances entre les différentes erreurs

En termes de stabilité des systèmes, quatre valeurs principales sont importantes. Ce sont le temps de monte et le dépassement et l'erreur, temps de stabilité qui correspondent respectivement la rapidité, stabilité, précision. Les valeurs de ces caractéristiques de robustesse pour les systèmes contrôlés par PID sont également.

Tableau III. 07: Les valeurs de ces caractéristiques de robustesse pour le système contrôlé.

	Trm (s)	Tr (s)	Tm (s)	D (%)
Méthode Z-N	136	415	35.5	46.7
IAE	197	283	73.2	10.9
ISE	158	810	50.9	28.2
ITSE	99	358	26.2	28.2
ITAE	221	298	87.5	5.56

La simulation est effectuée sur quatre régulateurs différents via RT et le régulateur PID classique et le régulateur PID optimisé. La figure III. 09 montre les réponses de la sortie du régulateur.

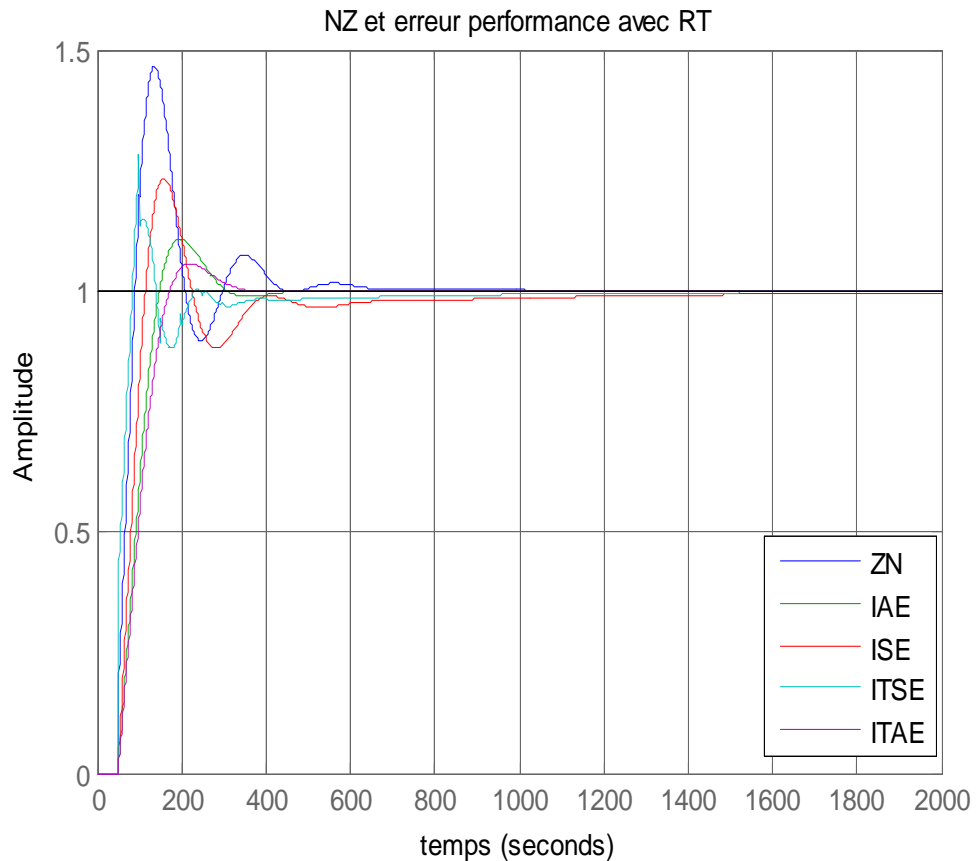


Figure III. 09 Réponses du processus pour les différentes méthodes utilisées.

En particulier, toujours pour tous les processus, les meilleures valeurs pour le temps de stabilisation sont obtenues par la simulation basées sur **RT-ITAE** par rapport à d'autres approches. De même, tous les processus présentent le meilleur comportement en termes de réponse. Comme on le voit dans le tableau III-07. Les meilleures valeurs de dépassement (minimum) sont obtenues. Lorsque l'algorithme RT est utilisé, cette valeur est de 5.6%.

III. 4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons simulé et commandé un système de régulation de niveau avec une technique méta heuristique appliquée pour modifier itérativement les paramètres d'un contrôleur PID initial en utilisant l'algorithme de recherche tabou dans la simulation et les paramètres du régulateur K_p , K_i et K_d sont optimisés. À partir de la simulation, on comprend que, par rapport au contrôleur PID classique, les PID optimisés améliorent les performances du système de régulation de niveau. Les résultats de simulation de la commande démontrent que les sorties du système avec le contrôleur PID recherche tabou avec fonction d'objectif **ITAE** donnent les meilleurs résultats bien avec celles du modèle classique Ziegler et Nichols utilisé dans la conception du contrôleur.

Conclusion générale

Notre travail s'inscrit dans le domaine de la résolution des problèmes d'optimisation difficiles avec l'utilisation des méthodes dites Meta-heuristiques. Ces derniers sont des méthodes qui utilisent des processus stochastiques et itératifs pour avoir des bonnes solutions pour les problèmes d'optimisations.

Les méta-heuristiques se différencient en ce qui concerne leurs origines (physique, biologique,...), leur nombre des solutions à traiter à la fois, et leurs stratégies d'échapper à un optimum local. L'augmentation de la taille des problèmes abordés a conduit à une situation où il faut exploiter mieux la puissance de la méta-heuristique.

Premièrement, nous avons développé le premier chapitre qui contient une commande PID pour les systèmes à retards. L'approche considérée de ce travail repose principalement sur la notion de la stabilité et rapidité de la réponse du système. Nous avons appliqué la régulation par PID sur une boucle de niveau présente à l'unité de rétroaction Basic Process Rig 38- 100.

Le deuxième chapitre a été réservé à un exposé sur la théorie de l'optimisation par Recherche Tabou, son apparition, son principe de fonctionnement et ses différentes applications dans les divers domaines.

Le troisième chapitre porte et détermine les paramètres optimaux des performances différents (IAE, ISE, ITSE, ITAE) de régulateur PID, et simulation de méthode Z-N et chaque performance des erreurs qui ont été choisies dans la zone de stabilité. Ceci a été réalisé par l'utilisation de Recherche Tabou, qui est des algorithmes itératifs d'optimisation globale.

Et enfin nous avons terminé par une comparaison entre les courbes données par la méthode de Nichols&Zeigler et la courbe donnée par l'algorithme Recherche Tabou, d'où nous avons conclu que la méthode d'Optimisation Par Recherche Tabou est une façon intelligente pour déterminer les paramètres optimaux du régulateur PID et qu'on a atteint le but déterminé à l'introduction. Les résultats obtenus des simulations montrent que la technique d'optimisation **RT-ITAE** proposée fournit d'excellents résultats par rapport à les autres techniques d'optimisations **RT-IAE**, **RT-ITSE**, **RT-ISE** et technique classique Ziegler et Nichols.

En perspective de cette étude, plusieurs développements seraient nécessaires : Calcul des paramètres des PID avec d'autres méthodes comme logique floue, algorithmes génétiques et multi-objectif...

References Bibliographiques

- [1] J Silva, « PID controllers for Time-Delay Systems», Springer, 2005.
- [2] WaelNaji Alharbi, Genetic algorithm optimisation of PID controllers for a multivariable process, University Liverpool UK, 2017.
- [3] Prouvost, Patrick, Automatique contrôle et régulation, 2010.
- [4] Granjon Yves, Automatique systèmes linéaires non linéaires, Dunod, 2015.
- [5] Si Tayeb Abdelkader, mémoire de magister, méta heuristiques pour l'optimisation des puissances actives dans un réseau d'énergie électrique, université de sciences et technologie d'Oran, 2011.
- [6] O Aidan, « handbook of PI and PID controller tuning rules 1 », published by Imperial College Press, 2006.
- [7] Monje A and YangQuan Chen and Blas M Vinagre « Fractional-order Systems and Controls Fundamentals and Applications », Springer-Verlag London, 2010.
- [8] BENKADDOUR Halima et ARIBI Ramzi, mémoire de magister, Méta-heuristiques parallèles pour la résolution des problèmes difficiles, université Kasdi Merbah Ouargla, 2013.
- [9] JAOUA Mehdi, mémoire de magister, algorithme de recherche tabou pour la planification optimale d'une campagne marketing sur les moteurs de recherche, université de montréal, 2014.
- [10] Rezig Missoum, mémoire de magister, Etude d'un dispatching économique des puissances actives par les algorithmes de fourmis, Université Hassiba Ben Bouali Chlef, Algérie, 2008.
- [11]: Ziegler Nichols, Optimum Settings for Automatic Controllers, 1942.
- [12]: K.J. Astrom and T Hagglund, "Revisiting the Ziegler Nichols step response method for PID control", 2004.
- [13] Yang Quan Chen Blas M, article instrumentation and control lab, university Lahore, 2010.

ملخص :

الهدف من هذا العمل هو تحسين معايير منظم PID بواسطة خوارزميات بحث المحرمات للحصول على نظام مستقر وقوي. يتم تطبيق هذا النهج على اختبار تجريبي "وحدة معالجة أساسية المركزية 100-38". لخوارزمية البحث عن tabu لضبط معايير PID عن طريق تقليل التكامل للخطأ المطلق (IAE) والتكامل التربيعي للخطأ (ISE) وتكامل الخطأ مع مربع الزمن (ITSE) الخطأ المطلق المتكامل للزمن المضاعف (ITAE). ثم مقارنة النتائج مع طريقة Z-N وإظهار فعاليتها، وذلك لتحسين خصائص استجابة ارتفاع زمن الوصول الى مجال المنتظم ، وقت الاستجابة والتجاوز. **كلمات مفتاحية:** خوارزمية بحث المحرمات , المنظم النسبي التكاملي للمشتق.

Résumé:

L'objectif de ce travail est l'optimisation des paramètres d'un régulateur PID par les algorithmes recherche tabou pour obtenir un système stable et robuste. Cette approche est appliquée à un banc d'essai expérimentale régulation de niveau "Basic Process Rig 38-100 Feedback Unit". Pour que l'algorithme recherche tabou ajuste les paramètres du PID en minimisant l'intégrale absolue de l'erreur (IAE) et l'intégrale quadratique de l'erreur (ISE) et l'intégral de l'erreur de multiplier au carré de temps (ITSE) et l'intégral de temps multiplier l'erreur absolue (ITAE). Ensuite compare les résultats avec la méthode Z-N a montré aisément son efficacité, les caractéristiques de la réponse indicielle cotée temps de montée, temps de réponses et dépassement sont améliorées. **Mots Clés :** Algorithme recherche tabou TSA; Régulateur PID.

Abstract:

The objective of this work is the optimization of the parameters of a PID controller by tabu search algorithms to obtain a stable and robust system. This approach is applied to an experimental test bench "Basic Process Rig 38-100 Feedback Unit". For the tabu search algorithm to adjust the PID parameters by minimizing the absolute integral of the error (IAE) and the quadratic integral of the error (ISE) and the integral of the error of multiplying the squared time (ITSE) and time integral multiply absolute error (ITAE). Then compared the results with the Z-N method easily showed its effectiveness, the characteristics of the index response rated rise time, response time and exceedance are improved.

Key words: Algorithm search tabu; PID controller.