

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université IbnKhaldounde Tiaret
Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie Mécanique



PROJET DE FIN DE CYCLE MASTER

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Electromécanique

Parcours : Master

Spécialité : Maintenance Industrielle

Thème

**Conception d'un système de détection
préventif des défaillances d'une chaîne
industrielle**

Préparé par :

Zahzahmeriem

Soutenu publiquement le 30 / 06 / 2022, Devant le jury composé de :

Mr. A.Baltache

MCA(Univ. Ibn Khaldoun)

Président

Mr.B.Benammar

MAA(Univ. Ibn Khaldoun)

Examineur

Mr.M.Saad

MCB (Univ. Ibn Khaldoun)

Examineur

Mr.A.Abdiche

PROF(Univ. Ibn Khaldoun)

Encadreur

Année universitaire : 2021 - 2022

Dédicace

A tout unificateur dans le monde

A mes chers parents mon père et ma mère que je dois toute ma gratitude ;

A mes frères : ABD El Hamid, Zakaria ;

A mes sœurs ; SAMAH, CHAHRA ZED ;

A toute ma famille ZAHZAH ;

A mes chers amis ;

*Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen, du
secondaire ou de*

L'enseignement supérieur

*J'espère qu'un jour, je pourrai leur rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour
moi, que Dieu leur prête bonheur et longue vie.*

Remerciements

En premier lieu, nous tenons à remercier « DIEU » le miséricordieux, le tout-puissant qui nous a aidé et donné les ressources nécessaires pour mener à terme ce travail.

Nos vifs remerciements vont à notre encadreur Mr Abdiche Ahmed pour le sujet, la confiance qu'il nous a témoignée, les précieux conseils prodigués ainsi que le suivre constant tout au long de la période de la réalisation de ce travail. Nous le remercions également de nous avoir fait profiter de ses connaissances et toute son aide.

Nos grands remerciements aux membres du jury d'avoir accepté de juger notre travail, ainsi que tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

Nous tenons à remercier vivement les étudiants de la promotion maintenance industrielle pour l'aide précieuse qu'il nous ont apportée, ainsi que tous ceux qui nous ont encouragés, soutenus et apporté leur contribution pour nous permettre de mener à bien ce travail.

Nos remerciements vont également à tous nos amis étudiants de la faculté génie électrique.

Sommaire

Liste des matières

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Introduction1

Chapitre I : Techniques de maintenance

I.1. Maintenance	3
I.2. Fonction maintenance	3
I.3. Entretien	3
I.4. Comparaison entre maintenance et entretien	4
I.5. Différents formes des maintenances	4
I.5.1. Maintenance corrective	5
I.5.2. Maintenance préventive	5
I.6. Modélisation et évaluation de la maintenance	6
I.6.1. Modèle de maintenance	6
I.6.2. Modèle De la maintenance industrielle préventive	7
I.7. Fonction maintenance	7
I.7.1. Méthodes	8
I.7.2. Ordonnancement	8
I.7.3. Réalisation des interventions	9
I.8. Evolution de la maintenance	9
I.9. Management de la maintenance	9
I.10. Politique de maintenance	10
I.11. Stratégies de maintenance	11
I.12. Opérations de la maintenance	11
I.12.1. Opérations de maintenance préventive	11
I.12.2. Opérations de surveillance	11
I.12.3. Opérations de maintenance corrective	12
I.13. Niveaux de maintenance	12

I.13.1. 1er niveau de maintenance	12
I.13.2. 2ème niveau de maintenance	12
I.13.3. 3ème niveau de maintenance	12
I.13.4. 4ème niveau de maintenance	13
I.13.5. 5ème niveau de maintenance	13
I.14. Sureté de fonctionnement	13
I.14.1. Concepts de la sureté de fonctionnement	14
I.14.2. Fondamentaux de la sureté de fonctionnement	15
I.14.2.1. Fiabilité	15
I.14.2.2. Disponibilité	18
I.14.2.3. Maintenabilité	18
I.14.2.4. Principes lois :	19
I.15.Relation entre la maintenance et la fiabilité :	21
I.16. Disponibilité :.....	22
I.16.1.définition de disponibilité :	22
I.16.2.Amélioration de la disponibilité :	22
I.17. Maintenabilité :	22
I.17.1.Définition :	22
I.17.2.Mesure de la maintenabilité :	23
I.17.3.Analyse du système de maintenabilité :	23
I.17.4.Critère de la maintenabilité :	24

Chapitre 2 : Capteurs industriels

II.1. Définition des capteurs	27
II.2. Rôle de capteur	27
II.3. Type des capteurs	27
II.3.1. Capteurs actifs	27
II.3.2. Capteurs passifs	29
II.4. Chaîne de mesure	30
II.5. Constitution d'un capteur.....	31

II.6. Grandeurs d'influence	32
II.7. Caractéristiques des capteurs	32
II.8. Erreurs de mesure	33
II.8.1. Erreurs systématiques	34
II.8.2. Erreurs accidentelles	34
II.8.3. Fidélité, justesse et précision	35
II.9. Structure et fonctionnement d'un capteur	35
II.9.1. Élément sensible	35
II.9.2. Transducteurs	36
II.10. Capteurs industriels	36
II.10.1. Capteurs de température	36
II.10.2. Types de capteur de température	36
II.10.2.1. Thermocouples	36
II.10.2.2. Type résistance	36
II.11. Caractéristiques techniques d'un capteur de température	39
II.11.1. Thermomètre résistifs	39
II.11.2. Thermistors	39
II.10.2. Capteurs de vibration	42
II.10.2.1. Types des capteurs	42
A. Accéléromètre piézo-électrique	42
B. Capteur à courant de Foucault	42
II.10.3. Capteur de position	43
II.10.3.1. Types de capteur	43
A. Potentiomètres	43
B. Capacitifs	43
C. Photoélectriques	43
II.10.3.2. Grandes Méthodes de repérage des positions et mesure des déplacements	44
II.10.4. Capteur de pression	44
II.10.4.1. Types de capteur	44

II.10.5.Capteur de vitesse	45
II.10.5.1.Types de capteur	45

Chapitre 3 : Interfaces (Cartes d'acquisition)

III. 1.Interfaces	48
III.1.1. Définition	48
III.1.2. Cas de l'interface	48
III.1.2.1. Interface en communication	48
III.1.2.2. Interface homme-machine	48
III.1.2.3. Interface en électronique	48
III.1.2.4. Interface en informatique.....	49
III.1.2.5. Interface en géographie	49
III.1.2.6. Interface en langue des signes	49
III.2. Cartes électroniques	49
III.3. Carte d'acquisition	50
III.3.1. Acquisition de données.....	50
III.3.2.Bloques d'acquisition	52
III.3.3. Importance du câblage.....	53
III.4. Conditionnement de signaux	53
III.5. Mis en œuvre d'une chaine d'acquisition	55
III.5.1. Fonctions supplémentaires	55
III.5.1.1. Multiplexage	55
III.5.1.2. Amplification programmable	57
III.5.1.3. Temporisation ou comptage	57
III.5.1.4. Bus	57
III.6. Cahier de charge	58
III.6.1.Schéma bloc du système.....	59
III.6.2.Schéma synoptique de la carte.....	61
III.7.Algorithme de fonctionnement	62
III.7.1.cas des paramètres indépendants	62

III.7.2.Cas des paramètres dépendants	63
III.7.3.soubtnote de calcul	63
III.7.4.test des températures.....	65
Conclusion générale	86
Références bibliographiques	88

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Type de maintenance et événements associés	4
Figure I.2 : Maintenance corrective	5
Figure I.3 : Maintenance préventive	5
Figure I.4 : Maintenance conditionnelle	6
Figure I.5 : Trois fonctions opérationnelles de la maintenance	8
Figure I.6 : principaux milieux influant sur la maintenance	9
Figure I.7 : Concepts de la sûreté de fonctionnement	15
Figure I.8 : Exemple de densité de probabilité	17
Figure I.9 : Exemple de fonction de réparation	17
Figure I.10 : Système avec n composantes en série	19
Figure I.11 : Système avec n composantes en parallèles	19
Figure I.12 : Impact de la maintenance sur la fiabilité des équipements	21
Figure I.13 : composant de la disponibilité	22
Figure II.1 : Schéma de principe d'un capteur	26
Figure II.2 : Rôle de capteur	27
Figure II.3 : Schéma de principe de la structure d'un capteur	35
Figure II.4 : Constitution d'un circuit thermocouple	37
Figure II.5 : Evolution en fonction de la température pour les matériaux exploités	38
Figure II.6 : Courbe caractéristique typique de résistivité d'une PTC en fonction de la température ambiante (en °C)	40
Figure III.1 : Fonctions principales de l'interface	48
Figure III.2 : Structure d'une carte interface	49
Figure III.3 : Différentes configuration possibles d'une chaîne d'acquisition et de restitution de données	50
Figure III.4 : Schéma de principe d'un d'acquisition de petite dimension.....	51
Figure III.5 : Schéma de principe d'un système d'acquisition de grande dimension bloqué d'acquisition	52
Figure III.6 : Structure d'une chaîne d'acquisition	52
Figure III.7 : Visualisation des câblages importants	53

Figure III.8 : Différentes possibilités de mise en place des fonctions de conditionnement de signaux	54
Figure III.9 : Schéma de principe d'un multiplexeur analogique.....	55
Figure III.10 : Structure interne d'un multiplexeur	57
Figure III.11 : Description schématique de l'interconnexion des circuits compteurs au niveau de la carte d'acquisition	57
Figure III.12 : schéma bloc du système	59
Figure III.13 : schéma synoptique de la carte.....	61
Figure III.14 Cas des paramètres indépendants	62
Figure. III.15. Cas des paramètres dépendants	63

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Comparaison entre maintenance et entretien	4
Tableau II.1 : Capteur actifs principes physique de bas	28
Tableau II.2 : Capteur passifs principe physique de bas	29
Tableau II.3 : comparaison entre les types de température	41

Introduction Générale

La maintenance joue un rôle très important dans le domaine industriel, à partir leur influence sur le niveau de la sureté de fonctionnement des systèmes industriels.

Le niveau de la sureté de fonctionnement peut améliorer afin d'augmenter la durée de vie du système électromécanique grâce à l'utilisation les méthodes de la maintenance dans le système industriel.

La technologie évolue rapidement dans le domaine de l'acquisition des donnes dans l'industrie. L'acquisition de donnes utilisées pour collecter de l'information et le transmettre.

Pour traduire une grandeur physique en une autre grandeur nous utilisons les capteurs.

L'objectif de ce mémoire et d'étudié un système ou plusieurs paramètres sont à contrôler.

Pour disposer d'une vue globale sur la chaine, une carte d'acquisition de données émanent des capteurs est nécessaire.

Ce mémoire comporte trois chapitres, elles organisé comme suit :

Le premier chapitre est consacré à l'étude théorique de la maintenance, définition de base, classification de la maintenance et plus particulièrement les méthodes basée sur la fiabilité, les niveaux et les opérations de la maintenance.

Le deuxième chapitre est consacré pour les capteurs industriels, définition générale, les types de capteurs et leurs fonctionnements.

Le troisième chapitre traite les interfaces et les cartes d'acquisition et le formalisme algorithmique de l'étude des mesures et des traitements à faire.

Une conclusion vient à la fin de ce travail.

Chapitre I

TECHNIQUES DE MAINTENANCE

I.1. Maintenance : Selon la norme FD X60-000 (AFNOR, 2002a),

La maintenance est « l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise ». Cette définition peut être complétée par « bien maintenir, c'est assurer ces opérations au cout global optimal».[1]

Les actions de maintenance ne sont pas seulement techniques, elles sont par définition économiques et managériales. Ses actions se rapportent au cycle de vie d'un bien, ce qui implique une vision à moyen et long terme de la stratégie de maintenance (Villemeur, 1988).[2]

I.2. Fonction maintenance : l'émergence d'un besoin :

La maintenance est l'une des fonctions de l'entreprise, mais elle n'est pas fin en soi. A ce titre, elle est peu lisible et parfois méconnue des décideurs qui sous-estiment son impact, et portant, elle devient une composante de plus en plus sensible de la performance de l'entreprise. [3] Il est donc important de la faire mieux connaître, concevoir, produire et commercialiser sont des fonctions « naturelles » facilement identifiable et rarement négligées, à juste titre. Par contre, la maintenance n'est qu'un soutien à la production, son principal client. C'est donc une fonction « masquée ». (Monchy, 2003).[4]

L'automatisation accrue, la complexité et le cout croissant des équipements et par conséquent la nécessité de réduire les temps d'indisponibilité de ces derniers, donne à la maintenance une importance croissante (Grusenmeyer, 2005a).[5]

I.3. Entretien :

Ensemble des travaux ayant pour but de maintenir dans leur état initial des ouvrages ou équipements existants, sans changer leur usage ou leur fonction. L'entreprise peut s'avérer nécessaire plusieurs fois pendant la durée de vie, il limite ainsi les risque de désordre ou de pannes (composant préventive de la maintenance). (NORME AFNOR X 60-010)

La maintenance est désormais considérée comme une source de productivité et un pilier de l'activité industriel, Elle peut en effet contribuer à limiter les prix de revient par la diminution des arrêts et l'augmentation de la disponibilité des équipements, et ainsi augmenter la productivité, la continuité et la qualité de la production. (DE Groote, 1993).[6]

I.4. Comparaison entre maintenance et entretien :

Pendant longtemps, on avait confondu maintenance et entretien ou bien on a confiné la maintenance à l’entretien, bien que ces deux notions soient très différentes comme le montre le tableau 1.1 [7]

Entretien	Maintenance
Subir les défaillances	Maîtriser les temps de fonctionnement et de maintenance
Statique : aucune amélioration et aucune optimisation	Dynamique : amélioration continue pour des objectifs toujours plus ambitieux
Cloisonnement par rapport aux autres fonctions	Coopération avec les autres fonctions : partage des objectifs et des actions
Entretien sans se soucier de son coût	Recherche du coût minimal de maintenance
Entretien dépendant de la production	Maintenance au même niveau hiérarchique que production

Tableaux I.1: Comparaison entre maintenance et entretien [8]

I.5. Différents formes de maintenance :

Deux grand classes de maintenance ont été défini par les experts et ceci selon la présence de défaillance : La maintenance corrective (en présence de défaillance) et la maintenance préventive (en absence de défaillance) : [8]

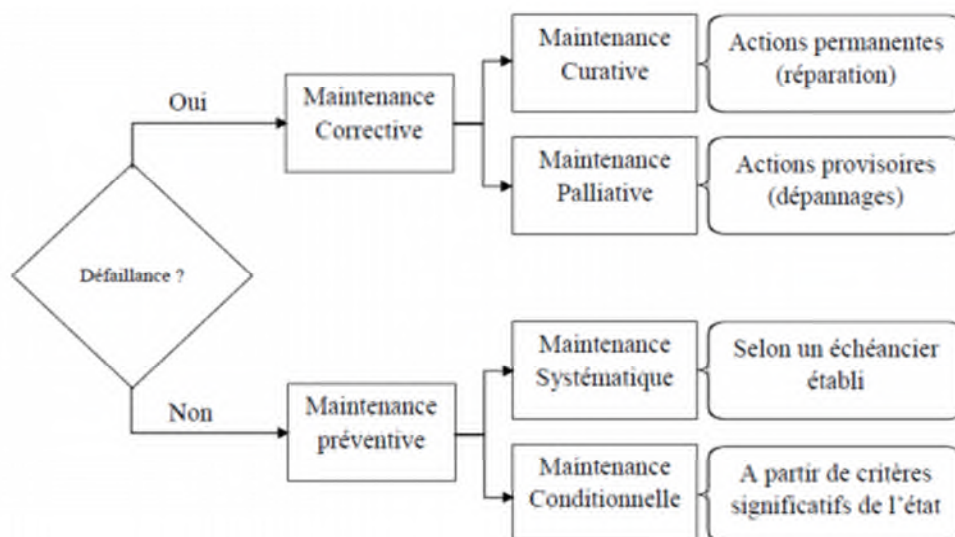


Figure 1.1 : Types demaintenances et évènements associés (Razafindrazoto, 2010)

[8]

I.5.1. Maintenance corrective :

Maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel peut accomplir une fonction requise . Elle peut être « différée » si « elle n'est pas exécutée immédiatement après la détection d'un panne, mais est retardée en accord avec des règles de maintenance données » Elle peut être « d'urgence » si « elle est exécutée sans délai après détection d'une panne afin d'éviter des conséquences inacceptables » (Monchy, 2003).[4]

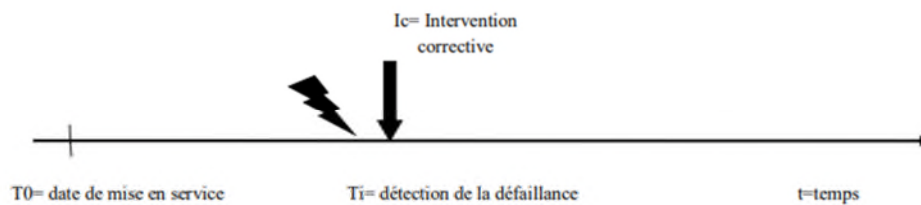


Figure I.2 : Maintenance corrective (AFNOR, 2002a)[1]

A. Maintenance est palliative :

Lorsque l'action corrective est destinée à permettre à l'équipement d'accomplir provisoirement tout ou partie de la fonction requise.[1]

B. Maintenance est curative:

Lorsque l'action de maintenance corrective à un caractère permanent et a pour objet de rétablir l'équipement dans un état spécifique pour lui permettre d'accomplir une fonction requise (AFNOR, 2002a).

I.5.2. Maintenance préventive:

La définition de la maintenance préventive, c'est la maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrite et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien.[9]

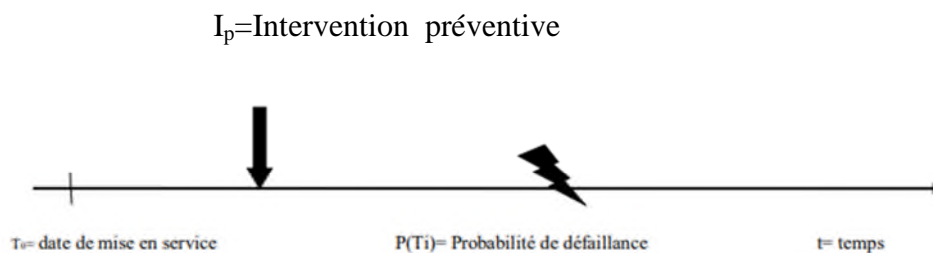


Figure I.3 : Maintenance préventive (AFNOR, 2002a)[1]

A. Maintenance est systématique:

La maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais son contrôle préalable de l'état du bien.

B. Maintenance est conditionnelle:

La maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent.

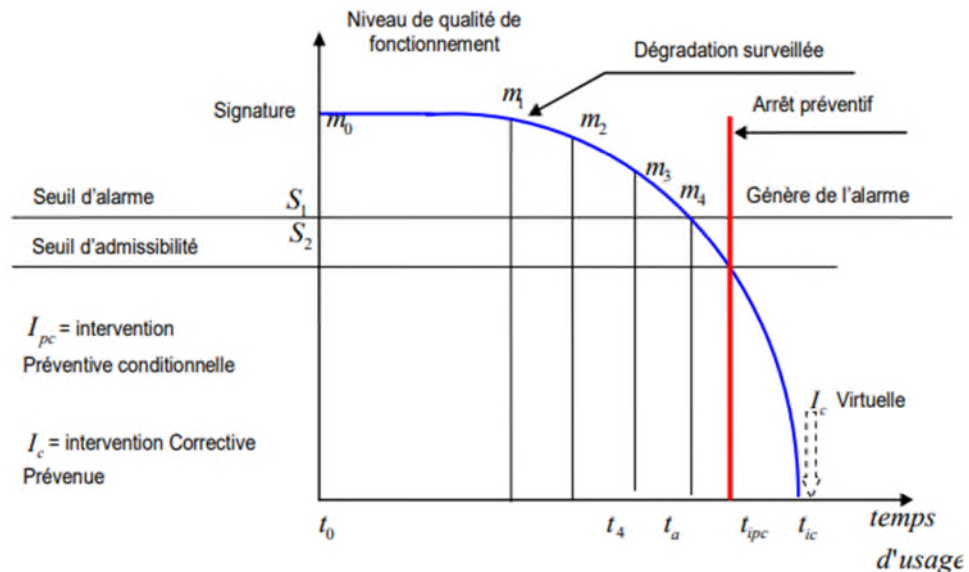


Figure I.4 : Maintenance conditionnelle (Monchy, 2000)[10]

C. Maintenance est prévisionnelle:

La maintenance préventive conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien. (Norme NFEN 13306 X 60-319).

I.6. Modélisation et évaluation de la maintenance:

I.6.1. Modèles de maintenance:

Lorsqu'on doit faire un choix vis-à-vis d'une politique de maintenance, l'efficacité des décisions qui sont prises va dépendre de la qualité du modèle qui représente le système. La modélisation du système permet en effet d'avoir accès au comportement « a priori » du système en termes de probabilité d'occurrence : probabilité de tomber en panne à chaque instant, probabilité d'être dans un état de dégradation donnée en fonction du temps, cette représentation est indispensable pour pouvoir évaluer les coûts de maintenance sur une période donnée et prévoir les interventions.

Les informations sur l'état courant permettent d'élargir considérablement l'ensemble des actions de maintenance possibles : on peut envisager d'intervenir à un moment précis.

Les actions de maintenance qui s'appuient à la fois sur la modélisation du système et les informations données par le dispositif de surveillance seront dites conditionnelles.

Les différentes étapes pour l'élaboration d'un modèle sont les suivantes.

Tout d'abord, l'espace d'états, qui correspond à l'ensemble des mesures qui permettent de rendre compte de l'état de fonctionnement du système à chaque instant, doit être défini. L'ensemble de tous les états un ensemble de valeur (discrètes ou continues).

I.6.2. Modèle De la Maintenance Industrielle préventive:

A. Modèle de maintenance parfaite:

Le modèle de maintenance parfaite considère que chaque maintenance remet le système à neuf. Le système après la maintenance est donc aussi bon que neuf.

B. Modèle de maintenance minimale:

Le modèle de maintenance minimale suppose que l'effet de la maintenance est de remettre le système en fonctionnement dans l'état exact où il était juste avant la défaillance.[11]

I.7. Fonction maintenance:

La fonction maintenance est le maintien par des actions préventive et corrective de la disponibilité de l'outil de production ; c'est-à-dire de son aptitude à accomplir une fonction requise, dans des conditions d'utilisation données[12], la norme (AFNOR,2002a), la mission principale de la maintenance est la gestion optimisée des équipements de production en fonction des objectifs propres à l'entreprise.

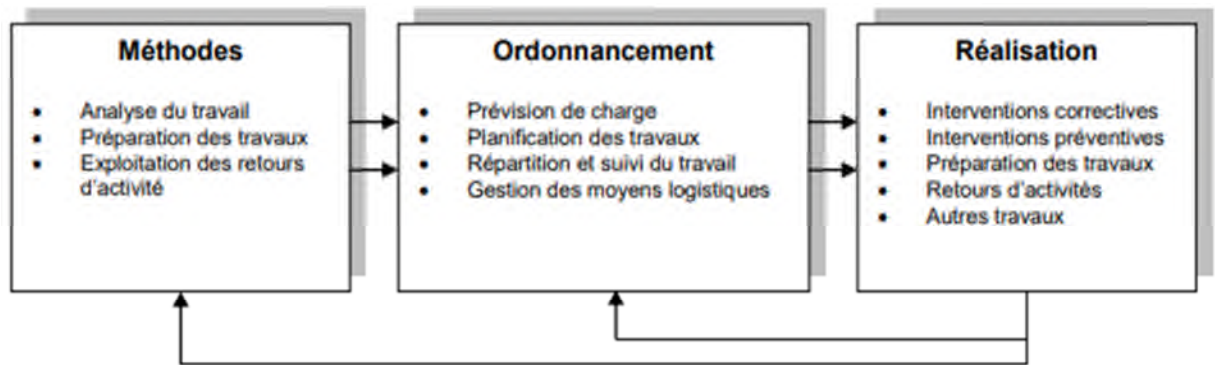


Figure I.5 : Trois fonctions opérationnelles de la maintenance (MONCHY, 2003)[4]

A. Fonction méthodes:

La préparation est la vocation première des services méthodes. Pour la maintenance corrective, la préparation passe par l'anticipation des risques encourus, puis par une anticipation des problèmes mais peuvent freiner l'intervenant. Pour la maintenance préventive, consiste à définir le plan de maintenance d'un équipement, puis à évaluer son cout et son efficacité. Pour la maintenance externalisée, la préparation consiste à définir les règles et les procédures destinées au prestataire choisi, puis « d'accompagner » le prestataire lors de ces travaux sur site.

D'autres activités sont généralement confiées au service méthode :

Proposition d'améliorations techniques et/ou organisationnelles

Assistance technique

Les agents méthodes doivent être en phase avec le terrain et doivent également prendre du recul par rapport à l'évènement instantané, qui était seul pris en compte au temps de l'entretien.

B. Fonction Ordonnancement:

La fonction ordonnancement est le chef d'orchestre de la maintenance. Elle a la responsabilité de la synchronisation des actions de maintenance internes ou externalisées.

Les missions principales de l'ordonnancement sont la planification des travaux, l'optimisation des moyens en fonction des délais et chemins critiques, et le contrôle de l'avancement des travaux.

C. Fonction Réalisation des interventions:

La fonction réalisation a pour objet d'utiliser les moyens mis à disposition, suivant les procédures imposées, dans les délais préconisés, pour réaliser dans les règles de l'art, la réalisation peut nécessiter un diagnostic c'est-à-dire identifier et caractériser la défaillance. (Monchy,2003).[4]

I.8.Evolution de la maintenance:

Au fil du développement de la concurrence et de la course à la compétitivité qui entraîne la recherche de la qualité totale et surtout la réduction des coûts, au fur et à mesure de la complexification et de l'automatisation des processus de production, la maintenance est devenue une des fonctions stratégiques de l'entreprise. Loin d'être aujourd'hui stabilisée, elle évolue au gré des nouvelles technologies de l'information et de communication NTIC, l'introduction de nouvelles méthodes de gestion, du développement technologique d'outils de production, en particulier dans les domaines de la mesure et du contrôle de fonctionnement, de la systématisation progressive, de l'usage des normes et des procédures.[13]



Figure. I.6 : principaux milieux influant sur la maintenance[14]

I.9.Management de la maintenance:

Le management de la maintenance est à la charge d'une ou plusieurs personnes désignées dont les responsabilités et autorité doivent être définies (**norme FD X 60-000**)

Définir les profils d'emploi nécessaires à l'accomplissement de la mission de la fonction maintenance.

Gérer les ressources disponible en interne dans cet esprit et en particulier de prendre des dispositions pour assurer la formation.

I.10.Politique de maintenance:

La politique de maintenance fixe les orientations (méthode, programme, budget,...etc), selon les objectifs fixés par la direction. Les activités de maintenance ont un effet de levier important sur la disponibilité des équipements de production de biens, la qualité du service ou du produit.[15]

La politique de maintenance est la définition, au niveau de l'entreprise, des objectifs technico-économique relatifs à la prise en charge des équipements par le service maintenance, c'est dans le cadre de cette politique que le responsable du service de maintenance met en œuvre les moyens adaptés aux objectifs fixes ; on parlera alors de stratégie pour la long et moyen terme et de tactique pour court terme.

Dans cette politique on doit s'attacher à la prévision des aléas pour les études d'inspection (entretien suivant diagnostic), faites à partir de relevés périodique.

Les prévisions et le budget de maintenance. La maintenance est donc amenée à considérer alors les :[16]

I.10.1.Prévision à long terme:

Liées à politique de l'entreprise permettant l'ordonnancement des charges, des stocks, des investissements en matériel.

I.10.2.Prévision à moyen terme:

La volonté de maintenir le potentiel d'activité de l'entreprise conduit à veiller à l'immobilisation des matériels à des moments qui perturbent le moins possible le programme d'exploitation.

I.10.3.Prévision à court terme:

Dans ce cas le service de maintenance s'efforcera à réduire les durées d'immobilisations du matériel et des coûts de ses interventions. Sachant que les réductions des coûts et d'immobilisation ne sont possibles que si le matériel et les interventions ont fait l'objet d'une étude préalable, il est donc nécessaire de préparer le travail et d'étudier les conditions de fonctionnement, les défaillances possibles et les conditions d'exécution des interventions.

I.11.Stratégies de maintenance:

La stratégie de maintenance est une méthode de management utilisée en vue d'atteindre un certain nombre d'objectifs de maintenance :

- Développer, adapter ou mettre en place des méthodes de maintenance
- Elaborer et optimiser les gammes de maintenance
- Organiser les équipes de maintenance
- Internaliser et/ou externaliser partiellement ou totalement les tâches de maintenance
- Définir, gérer et optimiser les stocks de pièces de rechange et de consommable
- Etudier l'impact économique (temps de retour sur investissement) de la modernisation ou de l'amélioration de l'outil de production en matière de productivité et de maintenabilité. (**norme NFEN 13306 & FD X60-000**).

I.12. Opération de la maintenance :(la norme NF X 60-010)

Ne sont vues ici que les opérations essentielles :

I.12.1. Opérations de maintenance préventive:**A. Inspections:**

Activité de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique.

B. Visites:

Opération de surveillance qui, dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon un périodique déterminé. Une visite peut entraîner une action de maintenance corrective.

C. Contrôles:

Vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivies d'un jugement Comporter une activité d'information Inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement

I.12.2. Opérations de surveillance:

(Contrôle, visite, inspections) sont nécessaires pour maîtriser l'évolution de l'état réel du bien. Calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage.

I.12.3. Opérations de maintenance corrective:**A. Dépannage:**

Action sur un bien en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement, une action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires (maintenance palliative) le dépannage n'a pas de conditions d'application particulières.

B. Réparation:

Intervention définitive et limitée de maintenance corrective après panne ou défaillance l'application de la réparation peut être décidée soit immédiatement à la suite d'un incident ou d'une défaillance.

I.13. 5 niveaux de maintenance:

Les opérations à réaliser sont classées, selon leur complexité, en cinq niveaux. Les niveaux pris en considération sont ceux de la norme **NF X-60-010**.

I.13.1.1^{er} Niveau:

Les actions de maintenance première niveau sont des actions simples nécessaires à l'exploitation et réalisées sur des éléments facilement accessibles, en toute sécurité, à l'aide d'équipements de soutien intégrés au bien.

Ce type d'opérations peut être effectué par l'exploitant du bien avec les équipements de soutien intégrés au bien et à l'aide des instructions d'utilisation.

I.13.2.2^{ème} Niveau:

Le deuxième niveau de maintenance concerne les actions qui nécessitent des procédures simples et/ou des équipements de soutien (intégrés ou extérieurs) d'utilisation et de mise en œuvre simple.

Ce type de maintenance peut être effectué par un personnel habilité avec les procédures détaillées et les équipements de soutien définis dans les instructions de maintenance.

I.13.3.3^{ème} Niveau:

Le troisième niveau concerne les opérations qui nécessitent des procédures complexes et/ou des équipements de soutien, d'utilisation ou de mise en œuvre complexes.

Ces opérations nécessitent une approche globale du fonctionnement de l'équipement, c'est-à-dire la prise en compte de plusieurs éléments, de leurs interactions et de leur cohérence.

I.13.4.4^{ème} Niveau:

Le 4^{ème} niveau concerne les opérations dont les procédures impliquent la maîtrise d'une technologie particulière et/ou la mise en œuvre d'équipements de soutien spécialisés.

Ce type d'opération de maintenance est effectué par un technicien ou une équipe à l'aide de toutes instructions de maintenance générales ou particulières.

I.13.5^{ème} Niveau:

Activités de rénovation ou de reconstruction dont les procédures impliquent un savoir-faire faisant appel à des techniques ou technologies particulières, des processus et/ou des équipements de soutien industriels.

Ces niveaux de maintenance font référence à la complexité des tâches à effectuer et aux ressources humaines et matérielles nécessaires à la réalisation de chacune des tâches. Le système de maintenance ainsi situé permet de préciser, de limiter et de dégager les responsabilités et les attentes envers ce système.

I.14. Sureté de fonctionnement (SDF):

Ces dernières années, la notion de sureté de fonctionnement a préoccupé plusieurs chercheurs, partant des concepts qu'elle intègre, telle que, la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité, la sécurité et la vulnérabilité. C'est à partir des années 60 et 70 que des études de sureté de fonctionnement ont été lancées, quand des défaillances considérables ont touché l'industrie de l'armement et le secteur du nucléaire.[17]

A ce moment la sureté de fonctionnement a pris un grand essor et s'est développée comme une discipline multi outils :

- Méthodes d'analyse et de gestion des défaillances ;
- Méthodes de calcul de la fiabilité et de la sureté de fonctionnement ;
- Méthodes d'analyse des risques industriels ;
- Constitution des bases de données sur la fiabilité des systèmes et composants.

La sureté de fonctionnement d'un système/equipement se caractérise par la mise en place d'un processus d'étude intégré aux phases du cycle de développement du

système/équipement, qui vise à déterminer le niveau de confiance relatif au fonctionnement défini pour ce système/équipement. Ce processus d'étude de sûreté de fonctionnement, souvent appelé étude FDMS, est axé autour de quatre points principaux d'étude :

- L'étude de la fiabilité
- L'étude de disponibilité
- L'étude de maintenabilité
- L'étude de la sécurité

Ces études de sûreté de fonctionnement sont réalisées en parallèle du cycle de développement du système/équipement et utilise, pour chacune des phases de développement, des méthodes d'analyse du type :

- Analyse préliminaire des dangers/risque (APD/APR) ;
- Analyse opérationnelle des risques (AOR) ;
- Analyse opérationnelle pas arbre de causes ;
- Graphe de Markov ;
- Analyse des modes communs (AMC) ;
- Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) ;

Ces méthodes permettent d'assurer, que chaque phase du cycle de développement du système/équipement, intègre bien tous les critères de fiabilité, disponibilité, maintenabilité et sécurité pour lesquels ce système/équipement est conçu. (**Blog de la société clearsy**).

I.14.1. Concepts de la sûreté de fonctionnement:

Dans l'industrie, on parle de plus en plus de sûreté de fonctionnement (Figure). Cette discipline, qui a acquis ce nom et sa forme actuelle principalement au cours du dernier tiers des télécommunications et des transports, serait désormais utile, voire indispensable, à tous les secteurs de l'industrie et même d'autres activités.[18]

De quoi s'agit-il ? La sûreté de fonctionnement est une riche palette de méthodes et de concepts au service de la maîtrise des risques (**SCTRICK ,2004**).

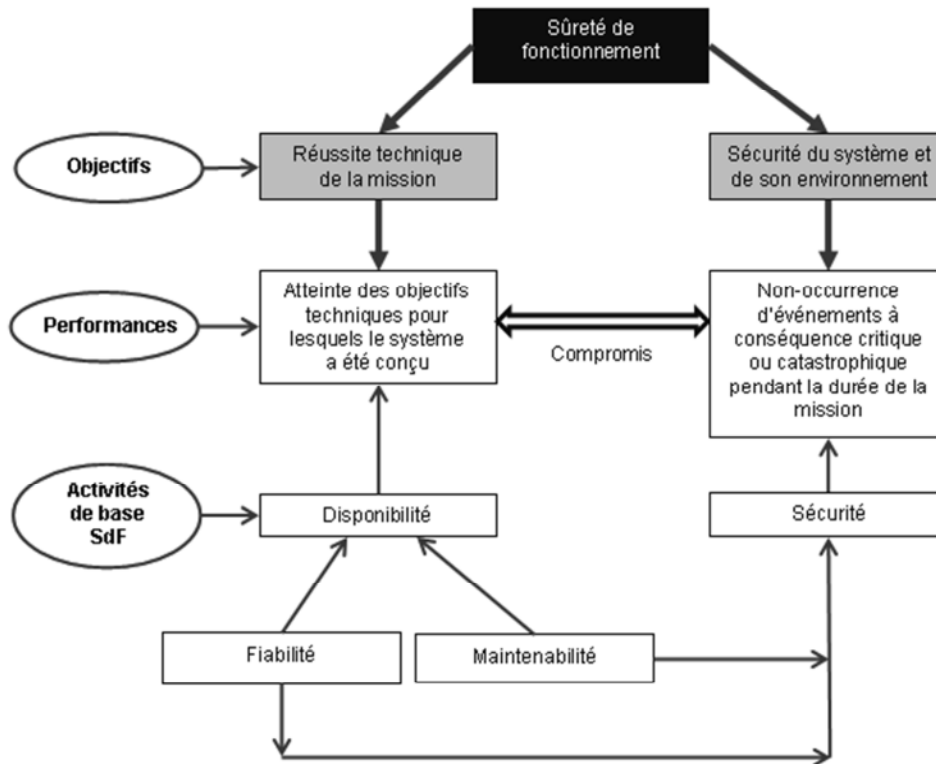


Figure I.7 : Concepts de la sûreté de fonctionnement (Bellut, 2011)[19]

I.14.2. Fondamentaux de La sûreté de fonctionnement:

I.14.2.1. Fiabilité:

A. Fiabilité des systèmes:

Dans cette partie nous allons exposer les principales définitions utilisées dans les analyses de la fiabilité des systèmes ainsi que les indicateurs et les paramètres utilisés dans ce domaine.

B. Fiabilité et taux de défaillance d'un composant élémentaire:

D'après la norme **AFRON** (association française de normalisation) X NF, 06-501, la fiabilité est l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise ou à satisfaire les besoins des utilisateurs, dans des conditions données, pendant une durée donnée.

La fiabilité $R(t)$ d'un composant élémentaire à l'instant t est généralement mesurée par la probabilité qu'il n'y ait pas de défaillance sur l'intervalle de temps $[t_0, t]$ sous des conditions de fonctionnement données, sachant que le système est bon fonctionnement à l'instant t_0 .

D'autres fonctions peuvent être déterminées à partir de $R(t)$ exemple $F(t) = 1 - R(t)$: la fonction complémentaire de la fiabilité définit la probabilité qu'un composant soit défaillant t_0 et t .

Par ailleurs, le taux de défaillance $\lambda(t)$ permet d'estimer la probabilité conditionnelle qu'une défaillance produise sur le composant élémentaire pendant un temps δt à l'instant t , en sachant que le composant n'a pas eu de défaillance sur $[t_0, t]$.

Puisque nous allons utiliser ces grandeurs dans les calculs de la suite du travail, nous exposons ces concepts d'une manière plus détaillée.

Soit T une variable aléatoire mesurant la durée de fonctionnement du composant avant défaillance (ou également la durée de vie pour les composants non réparables).

Sachant qu'une variable aléatoire est définie par sa fonction de répartition et par sa densité de probabilité. [20]

$F(t) = P [T \leq t]$ est la fonction de répartition de la variable aléatoire T , Elle possède les propriétés suivantes :

$$\lim_{t \rightarrow 0} F(t) = 0 \text{ Et } \lim_{t \rightarrow \infty} F(t) = 1 \quad (\text{I.1})$$

$$F(t) \text{ est non décroissante } 0 \leq F(t) \leq 1.$$

$f(t)$ est la densité de probabilité de T (ou fonction de distribution)

$$F(t) = \int_{-\infty}^t f(u) du \quad (\text{I.2})$$

$f(t)dt$ est la probabilité pour que T soit compris entre t et $t + \delta t$

Les figures (8) et (9) illustrent des exemples de fonctions de répartition et de la densité de probabilité, $F(t_1)$ est la surface délimitée par la courbe $f(t)$ et la droite qui coupe l'axe de t à l'instant t_1 , pour cette raison la fonction de répartition est appelée également la probabilité cumulée.

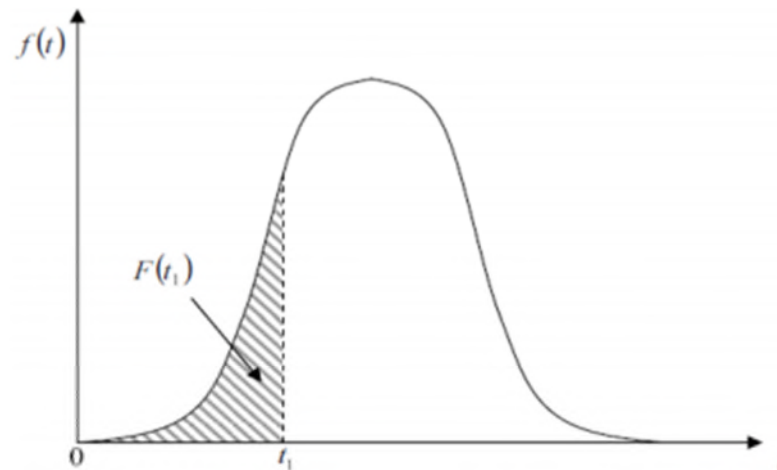


Figure I.8 : Exemple de densité de probabilité[20]

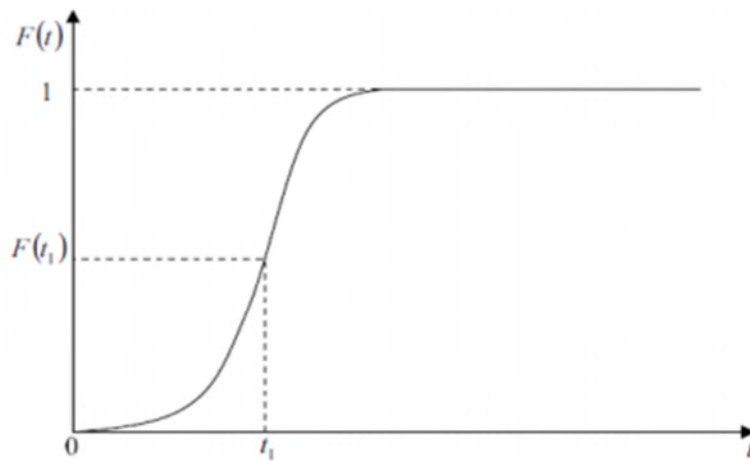


Figure I.9 : Exemple de fonction de réparation[20]

Rappelons que par définition :

$$R(t) = P[T > t] \text{ et } F(t) = 1 - R(t) \quad (\text{I.3})$$

Par conséquent, la fonction complémentaire de la fiabilité $F(t)$ est la fonction de réparation de T et $R(0) = 1, R(\infty) = 0$.

D'après la définition précédente, nous pouvons écrire le taux de défaillance $\lambda(t)$:

$$\lambda(t) = \lim_{\delta t \rightarrow 0} \frac{1}{\delta t} P[t < T \leq t + \frac{\delta t}{T} > t] \quad (\text{I.4})$$

Nous pouvons l'écrire également :

$$\lambda(t)dt = P[t < T \leq t + \frac{\delta t}{T} > T] \quad (\text{I.5})$$

D'après le théorème des probabilités conditionnelles, l'équation devient :

$$\lambda(t)dt = \frac{P[t < T \leq t + \delta t \cap T > t]}{P[T > t]} \quad (I.6)$$

Sachant que $T > t$ est incluse dans l'événement $t < T < t + \delta t$ donc

$$P[t < T \leq t + dt \cap T > t] = P[t < T \leq t + dt] = f(t)dt = -\frac{dR(t)}{dt}dt \quad (I.7)$$

Notons que $R(t) = P[T > t]$.

Nous pouvons en déduire, une relation entre le taux de défaillance est la fiabilité :

$$\lambda(t) = -\frac{dR(t)/dt}{R(t)} \quad / \quad t_0=0 \quad (I.8)$$

En intégrant les deux membres de 0 à t, sachant que $R(0)=1$:

$$R(t) \exp \left\{ - \int_0^t \lambda(t). dt \right\} \quad (I.9)$$

I.14.2.2.MTTF:

Un autre indicateur de fiabilité est le MTTF (MeanTime To Failure) qui représente une estimation du temps moyen de fonctionnement avant la première défaillance, ce temps a un rôle important en fiabilité, il est souvent pris comme un indicateur permettant la comparaison des fiabilité des systèmes fournis par un constructeur. Il est défini par :

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t)dt \quad (I.10)$$

Le MTTF est calculé par la surface délimitée par $R(t)$.

Dans le cas d'une distribution exponentielle, lorsque le taux de défaillance est constant, le temps moyen de fonctionnement MTTF est égal à $\frac{1}{\lambda}$.

I.14.2.3.Type des fiabilités des systèmes:

Dans le cas des systèmes multi composants la défaillance du système dépend de la défaillance d'un certain nombre de composants suivant la structure du système, pour calculer la fiabilité d'un système, son taux de défaillance et son MTTF à partir des propriétés de ses composant (fiabilité, taux de défaillance et MTTF), il faut définir la structure de propagation des défaillances dans le système.

En fiabilité, deux types de système sont à distinguer les systèmes ayant une structure élémentaire et ceux ayant une structure complexe. Une structure élémentaire contient des

composants indépendants en série ou en parallèle ou toutes combinaisons possibles de ces deux cas, un système pouvant être décomposé en plusieurs modules à structure élémentaires et considéré comme système simple ou compliqué si sa taille est très importante. A l'inverse nous parlons de système complexe quand le système n'est pas constitué de structure élémentaire et si les composants ne sont pas indépendants. [13]

A. Composants en série:

Soit un système S constitué de n composant C en série, $i=1.....n$

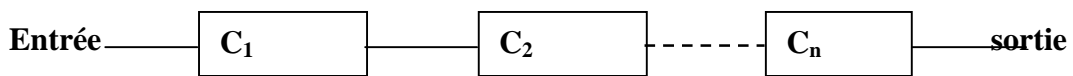


Figure I.10 : Système avec n composants en série[13]

La fiabilité du système est :

$$R_{sys}(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t)$$

Avec $R_i(t)$ la fiabilité du composant C_i .

B. Composants en parallèle:

Soit un système S constitué de n composant C en parallèle,

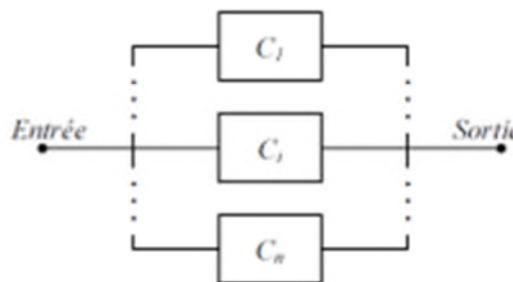


Figure I.11 : Système avec n composants en parallèles[13]

La fiabilité du système est :

$$R_{sys}(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i(t))$$

I.14.2.4. Principes lois:

La fiabilité est, de plus en plus fréquemment, une grandeur quantitative et nécessite la connaissance des distributions de durée de vie afin de l'estimer. Dans le cadre du système mécatronique, ces distributions doivent absolument tenir compte de tous les mécanismes de défaillance associés aux différentes technologies.

Nous présentons dans cette section les lois et les modèles de fiabilité susceptibles, selon l'expérience, de représenter des distributions de durée de vie qui interviennent le plus fréquemment dans l'analyse de la fiabilité mécatronique. Nous rappelons les principales propriétés de ces lois, les fonctions de fiabilité associées, les densités de probabilité ainsi que les taux de défaillance. [21]

A. Loi exponentielle:

Cette loi a de nombreuses applications dans plusieurs domaines. Elle décrit la vie des matériels qui subissent des défaillances brutales. La loi exponentielle est la plus couramment utilisée en fiabilité électronique pour décrire la période durant laquelle le taux de défaillance des équipements est constant ou l'intervalle de temps entre deux défaillances. [22]

Elle est définie par un seul paramètre, le taux de défaillance λ .

La fiabilité

$$R(t) = e^{-\lambda t} \tag{I.13}$$

La densité de probabilité

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \tag{I.14}$$

Le taux de défaillance

$$\lambda(t) = \lambda \tag{I.15}$$

B. Loi de Weibull

La loi de Weibull, est souvent utilisée en mécanique ; elle caractérise bien le comportement du produit dans les trois phases de vie selon la valeur du paramètre de forme β : période de jeunesse ($\beta < 1$) période de vie utile ($\beta = 1$) et période d'usure ou vieillissement ($\beta > 1$) la loi de Weibull est définie par deux paramètres η et β .

Elle est caractérisée par :

La fiabilité

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \tag{I.16}$$

La densité de probabilité

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \tag{I.17}$$

Le taux de défaillance

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right) \quad (\text{I.18})$$

En outre on distingue d'autres lois utilisées pour but de calculer la fiabilité qui seront citées par suite :

- Loi normale
- Loi log-normale
- Loi Gamma
- Loi Béta
- Loi uniforme

I.15. Relation entre la maintenance et la fiabilité:

La figure I.12 présente la contribution des différents types de maintenance en ce qui concerne la fonction de fiabilité $R(t)$ et la durée de vie utile de l'équipement. [23]

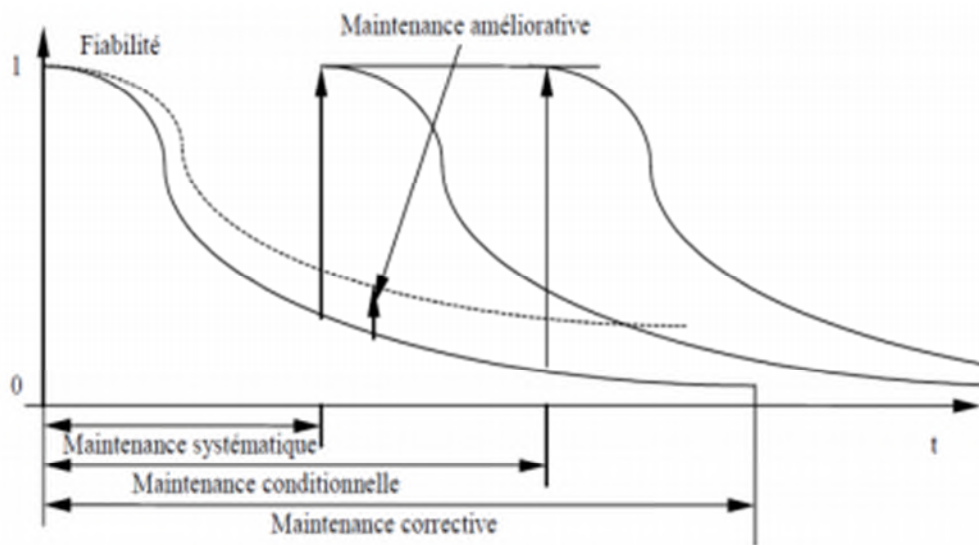


Figure I.12 : Impact de la maintenance sur la fiabilité des équipements.[23]

Il va sans dire qu'une réduction du taux de panne entraîne une amélioration de la fonction de fiabilité $R(t)$. C'est dans cette optique que la maintenance améliorative a été instaurée. La maintenance préventive, avec toutes ses variantes, va en revanche tenter de ramener le taux de panne à son niveau le plus bas en remplaçant le composant usé sans améliorer les caractéristiques intrinsèques de l'équipement.

I.16. Disponibilité:

I.16.1. Définition de disponibilité:

La disponibilité est définie comme « l'aptitude d'un dispositif, sous les aspects combinés de sa fiabilité, de sa maintenabilité de la logistique de maintenance, à remplir ou à être en état de remplir une fonction à un intervalle de temps donné » (cf. **NF X 60-503**).

Cette définition est très dense et comporte trois parties qui méritent d'être commentées séparément. [24]

Cela confirme qu'il ne faut pas confondre fiabilité et disponibilité, et que la fiabilité est une des trois composantes de la disponibilité figure (1.3) :

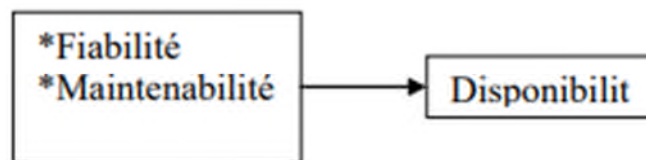


Figure I.13 :composant de la disponibilité.[24]

I.16.2. Amélioration de la disponibilité:

La disponibilité peut être améliorée par une augmentation des temps moyens de bon fonctionnement (par la fiabilité) et par une diminution des temps moyens de réparation (par la maintenabilité). Avant de présenter la maintenabilité et ses critères, mentionnons les stratégies de maintenance à même de réduire les durées moyennes de réparation.

On présente plusieurs stratégies de remplacements périodiques, celles de types âge ou les remplacements sont effectués à la panne et après T unités de temps sans panne celles de type bloc avec des remplacements à des instants prédéterminés de l'âge et de l'état de l'équipement. [25]

I.17. Maintenabilité:

I.17.1. Définition:

Dans les conditions d'utilisation données pour lesquelles il a été conçu, la maintenabilité est l'aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits. (**NF EN13306, 2001**).

Une autre définition, complémentaire, fournie par Military (Hand Book-470A , 1997) est la suivante : la maintenabilité est la relative facilité et économie de temps et de ressource avec laquelle un système peut être maintenu ou remis dans un état de fonctionnement spécifique, lorsque la maintenance est exécutée par un personnel ayant les compétences requise et utilisant les procédures et les ressources matérielles prescrites à chaque niveau de maintenance spécifique. Cette dernière définition indique que la maintenabilité est caractéristique ou aptitude d'un système et que sa mesure se base essentiellement sur l'appréciation du déroulement des activités de maintenance. La maintenance désigne l'ensemble des activités destinées à maintenir ou rétablir un système dans un état spécifié ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise. (Menye, 2009) [26]

I.17.2.Mesure de la maintenabilité:

La mesure de la maintenabilité peut se faire par études statistique sur la durée des opérations de maintenance effectuées sur des installations qui sont en service depuis un certain temps, de la même manière que l'étude de la fiabilité peut passer par l'analyse d'historiques de panne. [27]

Les indices de la maintenabilité les plus courants et reconnus sont :

- Le temps moyen de réparation ;
- Le temps maximum de réparation ;
- Le temps moyen de maintenance ;
- Le temps de réparation de l'équipement ;
- La moyenne géométrique des durées de réparation ;
- Les heures travaillées en maintenance ;
- Le taux de réparation ;
- Le taux de maintenance ;
- La probabilité de détection des défaillances ;
- La proportion des défaillances isolables ;
- La capacité de détection automatique de la défaillance ;

I.17.3.Analyse du système de maintenabilité:

Comme pour la fiabilité, il est parfois nécessaire de calculer la maintenabilité avant que ces données ne soient disponibles, On réalise alors des prototypes pour vérifier la

maintenabilité d'un produit qui vient d'être conçu et ainsi acquérir une expérience pratique sur un produit concret, dans un environnement. [28]

I.17.4.Critère de la maintenabilité:

Les normes **NF X60-300** et **X 60-301** spécifient cinq types de critères de maintenabilité. La première est relative à la surveillance de la maintenance préventive. Il est important de connaître à ce niveau l'accessibilité du composant, sa démontrabilité et son interchangeabilité. Le deuxième est relatif à la maintenance corrective, plus particulièrement, le temps de recherche de panne ou de défaillance et le temps de diagnostic. Le troisième critère est relatif à l'organisation de la maintenance, pris en compte par la périodicité du préventif, le regroupement à des périodes identiques, l'homogénéité de la fiabilité des composants, la présence d'indicateurs et de computeurs et la complexité des interventions. L'avant-dernier critère est lié à la qualité de la documentation technique, celui-ci comporte la valeur du contenu, la disponibilité de la documentation, le mode de transmission et les principes généraux de rédaction de la documentation technique. Le dernier critère de maintenabilité est lié au suivi de bien par le fabricant.[23]

Chapitre II

CAPTEURS INDUSTRIELS

II.1. Définition des capteurs:

Un capteur est un organe de prélèvement d'information qui élabore à partir d'une grandeur physique (information entrante) une autre grandeur physique de nature différente (la plus part du temps, électrique). Cette grandeur, représentative de la grandeur prélevée, est utilisable à des fins de mesure ou de commande. [29]



Figure II.1 : schéma de principe d'un capteur[30]

II.2. Rôle de capteur:

Parmi les informations de toutes natures issues de notre environnement, on distingue les grandeurs physiques associées à des événements climatiques, géométrique ou encore lumineux ou temporels. [31]

Le rôle du capteur est de rendre exploitable ces différentes grandeurs physiques en vue de leur traitement ultérieur.

- **Mesure de présence** : indique la présence d'un objet à proximité immédiate ;
- **Mesure de position, de déplacement ou de niveau** : indique la position courante d'un objet animé d'un mouvement de rotation ou de translation ;
- **Mesure de vitesse** : indique la vitesse linéaire ou angulaire d'un objet ;
- Mesure d'accélération, de vibration ou de chocs ;
- Mesure de débit, de force, de couples, de pressions ;
- Mesure de température, d'humidité.

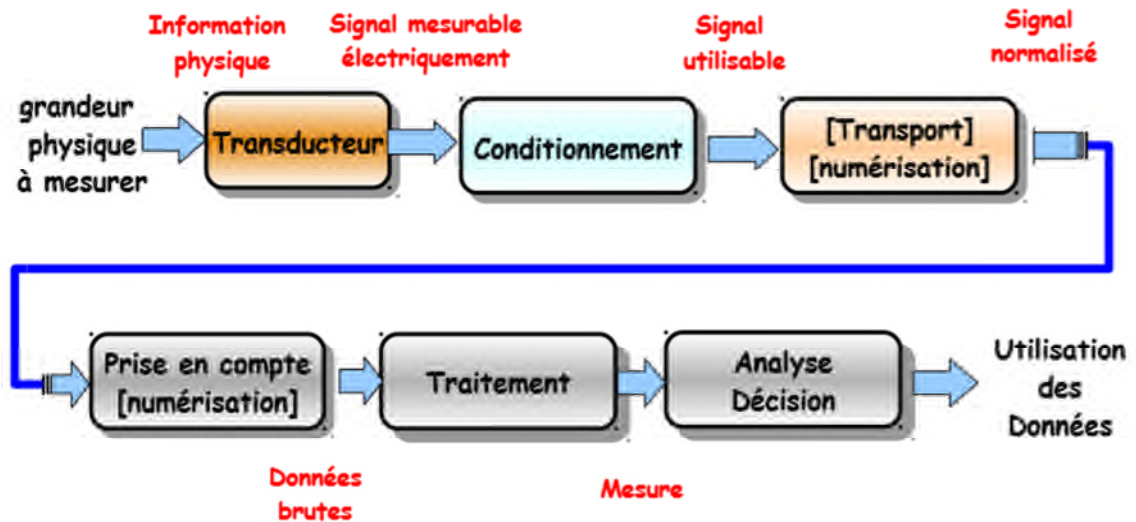


Figure II.2 : Rôle de capteur

II.3. Type des capteurs:

Les capteurs peuvent être définis en fonction de la grandeur mesurée (mesurande) ; on distingue les capteurs de position, de température, de vitesse, de force, de pression, de gaz, on peut aussi les définir en fonction du caractère de l'information.

On peut distinguer deux types de capteurs : **capteurs à contact direct** avec la grandeur qu'on veut capter et les **capteurs de proximité** qui ne nécessitent pas de contact direct avec la grandeur mais il suffit de l'approcher de cette dernière pour obtenir l'information ; chacun de ces deux types se divise en trois catégories qui sont les capteurs mécaniques, électriques et pneumatiques. [32]

II.3.1. Capteurs actifs:

Les capteurs qui fonctionnent en générateur sont dits actifs, c'est-à-dire qu'ils assurent la conversion de la grandeur à mesurer qui est un effet physique en signal électrique, on peut citer parmi ces effets :

II.3.1.1.L'effet thermoélectrique: La thermoélectricité régit la convention à l'état solide d'énergie électrique en énergie thermique et vice-versa, c'est-à-dire que si on soumet un circuit formé de deux matériaux de natures différentes à deux gradients de température T_1 pour le premier matériau et T_2 pour le deuxième on peut récupérer aux extrémités des deux matériaux une tension, et si on garde une des deux températures à une valeur fixe on peut déduire l'autre température à partir de la tension délivrée par le système .

II.3.1.2.L'effet piézoélectrique: La piézoélectricité est l'apparition d'une polarisation électrique sous l'effet de contraintes mécaniques sur certains cristaux, céramiques ferroélectriques ou de matériaux polymères.

II.3.1.3.L'effet électrodynamique: L'effet électrodynamique se base sur la conversion de l'énergie en utilisant le couplage l'électromécanique par l'effet du champ magnétique ou du champ électrique, ce sont essentiellement des capteurs de vitesse.

II.3.1.4.Effet photoélectrique: L'effet photoélectrique est la transformation d'une grandeur lumineuse (plus précisément l'éclairage de la cellule) en courant, leur principe est la libération de paires électrons-trous sous l'influence d'une énergie fournie par les photons. Ils doivent être distingués des capteurs photoélectriques classiques dont le fonctionnement est tributaire d'une alimentation électrique.

II.3.1.5.Effet Hall: Lorsqu'une plaque d'un matériau, placée dans un champ magnétique est parcourue par un courant électrique, une tension V_H (tension de Hall) perpendiculaire à l'induction magnétique apparaît entre les faces de cette plaque.

Les capteurs à bas d'effet Hall sont utilisés pour déterminer des vitesses de rotation (capteur de vitesse de rotation, capteur de vitesse d'un véhicule).

Le tableau suivant [II.1] représente les principes physiques de base des capteurs **actifs**

Mesurande	Principe physique utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectricité	Tension
Flux de rayonnement optique	Pyroélectricité	Charge
	Photo Émission	Courant
	Effet photovoltaïque	Tension
	Effet photo électromagnétique	Tension
Force Pression Accélération	Piézoélectricité	Charge
Vitesse	Induction électromagnétique	Tension
Position	Effet Hall	Tension

Tableau II.1 : Capteurs actifs, principes physiques de base[32]

II.3.2. Capteurs passifs:

Les capteurs dont le signal électrique délivré est une variation d'impédance dont l'un des paramètres (résistivité, perméabilité, magnétique, constante diélectrique) est sensible au mesurande sont dits passifs car ils nécessitent une source d'énergie électrique pour que l'on puisse lire le signal.

Le circuit dans lequel ils sont incorporés est appelé conditionneur.

Tous les transducteurs à impédance variable font partie de cette catégorie. On peut citer à titre d'exemple :

Les potentiomètres rotatifs ou linéaires qui permettent de transformer la variation de résistance en un déplacement angulaire ou linéaire.

Les jauges de contrainte qui permettent de transformer une microdéformation (allongement allant de 10⁻⁶ à 10⁻³) en une variation de résistance. Deux paramètres interviennent dans ce cas : les variations dimensionnelles de la gauge ainsi que l'influence directe des déformations sur la résistivité du matériau (effet piézorésistif).

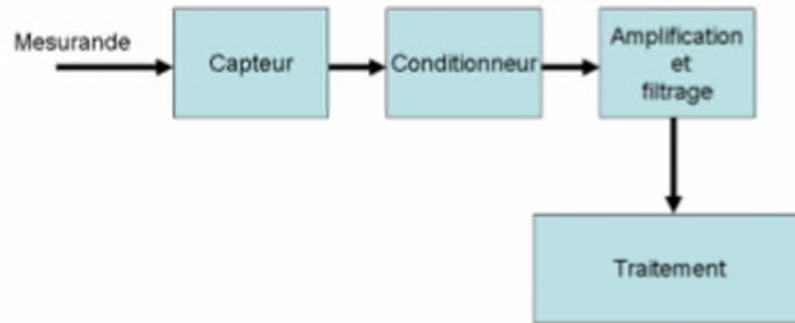
Le tableau suivant [II.2] représente les principes physiques de base des capteurs passifs

Mesurande	Caractéristique électrique sensible	Matériaux utilisés
Température	Résistivité	Métaux : platine, nickel, Cuivre Semi-Conducteurs
Flux de rayonnement optique	Résistivité	Semi-conducteurs
Déformation	Résistivité Perméabilité magnétique	Alliages nickel / silicium dopé Alliages ferromagnétiques
Position déplacement	Résistivité Réductance / Inductance Capacitif	Matériaux magnétorésistants : bismuth, antimoine d'indium Cuivre Métaux : Aluminium
Humidité	Résistivité Constante diélectrique	Chlorure de lithium Alumine, polymères
Niveau	Constante diélectrique	Liquides isolants

Tableau II.2 : capteurs passifs, principes physiques de base[32]

II.4. Chaîne de mesure:

La chaîne de mesure est constituée de l'ensemble des dispositifs, y compris le capteur, rendant possible, dans les meilleures conditions, la détermination précise de la valeur de mesurande.



A l'entrée de la chaîne, le capteur soumis à l'action du mesurande permet, directement s'il est actif ou par le moyen de son conditionneur s'il est passif, d'injecter dans la chaîne le signal électrique, support de l'information liée au mesurande.

A la sortie de la chaîne, le signal électrique qu'elle a traité est converti sous une forme qui rend possible la lecture directe de la valeur cherchée du mesurande : [33]

- Déviation de l'aiguille d'un instrument analogique ;
- Affichage sur un écran ;
- Enregistrement sous forme de courbe ;

C'est l'étalonnage de la chaîne de mesure dans son ensemble qui permet d'attribuer à chaque indication en sortie la valeur correspondante du mesurande agissant à l'entrée.

Sous sa forme la plus simple la chaîne de mesure peut se réduire au capteur, et à son conditionneur éventuel, associé à un appareil de lecture :

- Thermocouple et voltmètre ;
- Jauge de contrainte placé dans un pont de Wheatstone, avec pour instrument de lecture un afficheur numérique.

Cependant les conditions pratiques de mesure telles qu'elles sont imposées par l'environnement d'un part et pas les performances exigées pour une exploitation satisfaisante du signal d'autre part amènent à introduire dans la chaîne des blocs fonctionnels destinés optimiser l'acquisition et le traitement du signal :

- Circuit de linéarisation du signal délivré par le capteur ;

- Amplificateur d'instrumentation ou d'isolement destiné à réduire les parasites de mode commun ;

Le système de traitement numérique est le chef d'orchestre de la chaîne d'acquisition ; il délivre les séquences de signaux de commande activant de façon ordonnée les divers dispositifs concourant à l'obtention de la valeur du mesurande particulier dont la connaissance à un instant donnée est nécessaire au déroulement de l'application :

- Sélection d'une voie d'entrée par envoi d'adresse au multiplexeur ;
- Echantillonnage puis blocage du signal ;
- Déclenchement de la conversion analogique-numérique ;

Dans le contexte industriel actuel, l'information est reliée à une carte d'entrée d'un automate programmable ou d'un système de contrôle-commande.

Les traitements numériques correctifs sont destinés à compenser certaines imperfections de la chaîne de mesure :

- Correction des dérives de zéro et de sensibilité, causées par les grandeurs d'influence, température en particulière ;
- Correction de la non-linéarité des capteurs afin d'obtenir une donnée proportionnelle au mesurande.

Les traitements numériques analytiques permettent d'extraire, à partir l'exploitation qui doit être faite :

- Traitement statistique ;
- Analyse spectrale ;
- Filtrage numérique ;

II.5. Constitution d'un capteur:

Certains capteurs sont des capteurs dits « composites », c'est-à-dire composés de 2 parties ayant un rôle bien défini : [29]

II.5.1. Corps d'épreuve: c'est un élément qui réagit sélectivement aux variations de la grandeur à mesurer. Il a pour rôle de transformer cette grandeur en une autre grandeur physique dite mesurable.

II.5.2. Élément de transduction: c'est un élément lié au corps d'épreuve qui traduit ses réactions en une grandeur physique exploitable.

II.6. Grandeurs d'influence:

Les grandeurs d'influence sont des grandeurs étrangères qui, selon leur nature et leur importance, peuvent provoquer des perturbations, sur le capteur. C'est donc une cause d'erreurs agissant sur le signal de sortie. Les principales grandeurs d'influence sont : [34]

- La température qui modifie les caractéristiques électriques, mécaniques et dimensionnelles des composants du capteur ;
- La pression, l'accélération et les vibrations susceptibles de créer dans certains éléments constitutifs du capteur des déformations et des contraintes qui altèrent la réponse ;
- L'humidité à laquelle certaines propriétés électriques comme la constante diélectrique ou la résistivité peuvent être sensibles et qui risque de dégrader l'isolation électrique entre composants du capteur ou entre le capteur son environnement ;
- Les champs magnétiques variables ou statique ; les premiers créent des f.é.m. d'induction qui se superposent au signal utile, les seconds peuvent modifier une propriété électrique ;
- La tension d'alimentation.

II.7. Caractéristiques des capteurs:

On caractérise un capteur selon plusieurs critères dont les plus courants sont :

- **Etendue de mesure** : Valeurs extrêmes pouvant être mesurée par le capteur ;
- **Sensibilité** : Variation du signal de sortie par rapport à la variation du signal d'entrée ;
- **Rapidité** : Temps de réaction du capteur. La rapidité est liée à la bande passante ;
- **Résolution** : plus petite variation de grandeur mesurable par le capteur ;
- **Précision** : Aptitude du capteur à donner une mesure proche de la valeur vraie ;
- **Linéarité** : Représente l'écart de sensibilité sur l'étendue de mesure ;

Pour utiliser un capteur dans les meilleures conditions, il est souvent utile de pratiquer un étalonnage et de connaître les incertitudes de mesures relatives. [35]

II.8. Erreurs de mesure:

La réalisation d'un mesurage consiste à comparer la grandeur à mesurer avec une grandeur de référence. Dans le cas des capteurs, cette comparaison est effectuée par le

capteur et éventuellement le conditionneur qui permet de le mettre en œuvre. Cette comparais comporte des incertitudes dues aux grandeurs d'influence, à un mauvais étalonnage de la référence, en somme un ensemble de dégradation de information par le capteur et la chaine de mesure. Il n'est donc pas possible d'accéder à la valeur vraie d'un mesurande à part ceux des étalons puisqu'ils sont considérés comme parfaitement connus par convention [36].

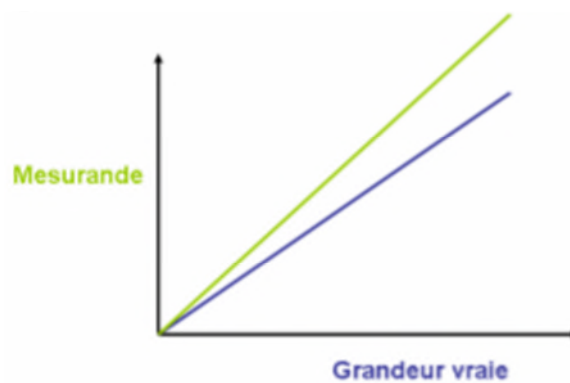
II.8.1. Erreurs systématiques:

Une erreur systématique est une erreur que se produit à chaque mesure et qui produit le même écart. Cette erreur peut être détectée en effectuant deux séries de mesurage avec deux instruments différents.

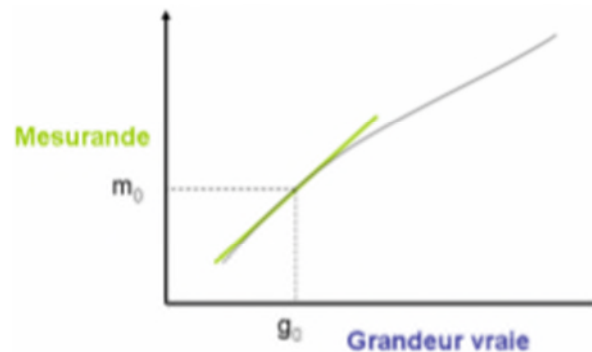
La première source d'erreur systématique est l'erreur de zéro ou offset. Elle se manifeste par un décalage constant entre la grandeur vraie et le mesurande.



Le second type d'erreur systématique est l'erreur d'échelle ou erreur de gain. Il existe dans ce cas un coefficient entre la grandeur vraie et le mesurande :



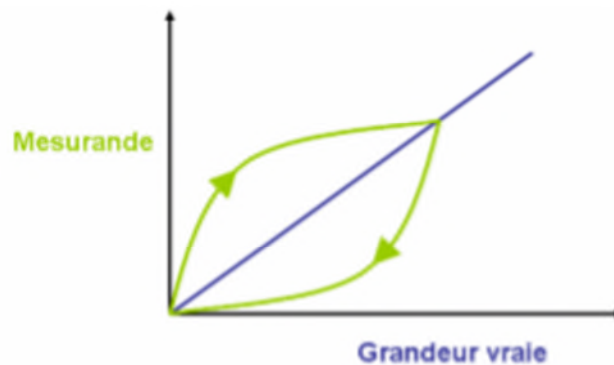
Le troisième type d'erreur systématique est l'erreur de linéarité. Capteur est polarisé autour d'un point de repos et la mesure s'effectue dans le domaine des petits signaux en assimilant sa caractéristique à la tangente en ce point.



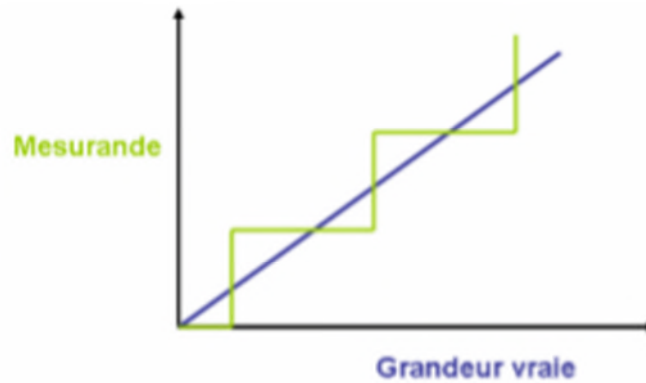
II.8.2. Erreur accidentelles:

Les erreurs accidentelles sont des erreurs qui peuvent se produire. A la différence des erreurs systématiques qui affectent en permanence le mesurage, il est impossible de prévoir quand elles vont intervenir.

Un cas où ce type d'erreur peut se produire est le cas où la réponse du capteur dépend des conditions de fonctionnement antérieures dont un cas est une caractéristique possédant une hystérésis.



Un autre cas de d'erreur accidentelle est l'erreur dite de mobilité. Elle se rencontre quand la réponse de capteur n'est pas continue.



II.8.3. Fidélité, justesse et précision:

Les notions de fidélité justesse et précision de l'étude statistique des mesures fournies par un capteur. Un capteur sera défini comme fidèle si l'écart type est faible. Les erreurs accidentelles sont faibles. Ainsi les différents résultats de mesures sont proches de la valeur moyenne.

II.9. Structure et fonctionnement d'un capteur:

Le capteur étant défini comme un composant qui convertit la mesure en un signal qui peut être exploité. Le schéma de principe de la structure d'un capteur est illustré à la figure (II.3) : [32]

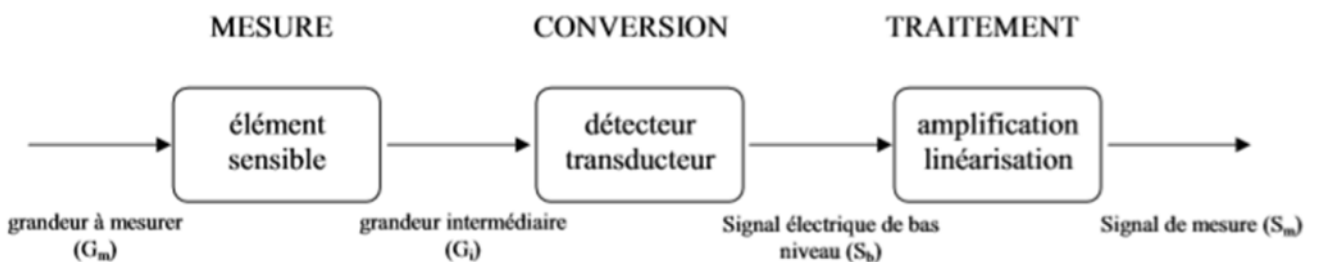


Figure II.3: Schéma de principe de la structure d'un capteur[32]

II.9.1. Élément sensible:

En principe la grandeur à mesure n'est pas convertible directement en un signal électrique mais c'est plutôt l'élément sensible appelé aussi élément de mesure qui convertit la grandeur à mesurer G_m en une grandeur intermédiaire G_i facile à convertir en signal électrique ; la loi qui lie la grandeur intermédiaire (G_i) à la grandeur à mesure (G_m) doit être parfaitement connue.

La grandeur intermédiaire est souvent une déformation ou une force.

Cet élément sensible caractérise le capteur.

La conception des capteurs est basée sur les principes qui permettent d'obtenir une grandeur que l'on sait exploiter à partir de la grandeur à mesurer.

II.9.2. Transducteurs:

On est dans la partie conversion avec élément principale le transducteur. Il assure la conversion de la grandeur intermédiaire en une grandeur électrique, généralement une tension ou une fréquence. Le transducteur appelé aussi capteur primaire se comporte en principe comme un générateur, il s'agit d'un capteur actif ou bien comme une impédance, on parlera dans ce cas de capteur passif.

Certains transducteurs peuvent être employés, pour la mesure de l'enthalpie de réaction (thermistance), du changement de la masse (cristal piézoélectrique), l'épaisseur de couche (réflectométrie)...etc.

- Transducteurs thermiques ;
- Transducteurs Optiques ;
- Transducteurs mécaniques ;
- Transducteur électriques ;

II.10. Capteurs industriels:

II.10.1. Capteurs de température:

Les capteurs de température sont des instruments qui convertissent des variations dans un milieu physique en mesure lisible indiquant ce changement. Les capteurs de température permettant de mesure des températures dans des échanges par conduction ou par convection. [37]

II.10.2. Types de capteur de température:

II.10.2.1. Thermocouples:

Le thermocouple est un capteur de mesure de température sur la base de l'effet thermoélectrique, il est constitué d'un circuit formé de deux conducteurs ; A et B de nature différente réunis à l'une de leur extrémité par une soudure qui sera exposée à la température à mesurer la jonction de mesure T_2 représenté sur la figure. Les deux autres extrémités reliées à un appareil de mesure de température appelé la jonction de référence ($T_1 = T_{ref}$). Lorsque les deux extrémités sont soumises à des températures différentes, une

différence de potentiel apparait entre les conducteurs $V_{A/B}^{T_2 T_1}$. La température est donc mesurable si nous connaissons la température de référence.

Dans la désignation d'un thermocouple A/B, le métal A est le conducteur positif et le métal B le conducteur négatif. La jonction de mesure est soumise à la température T à mesurer et la jonction de référence, reliant les bornes de l'instrument de mesure, est à une température T connue.[34]

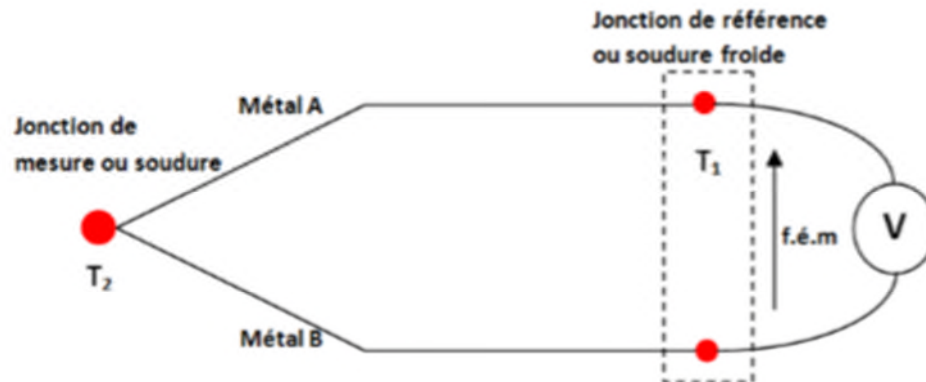


Figure II.4: Constitution d'un circuit thermocouple

II.10.2.1.1. Température de référence d'un thermocouple:[34]

Afin de déterminer la température de la soudure chaude, il est nécessaire de connaître la température des soudures froides (température de référence).

On peut distinguer trois cas :

- La température de référence est nulle, $T_{ref}=0$
- La température de référence est constante et différente de zéro, $T_{ref}=C^{ste}$
- La température de référence est égale à la température ambiante, $T_{ref}=T_{amb}$

II.10.2.2. Avantages et inconvénients des thermocouples:

A. Avantages:

- Une vitesse de réponse élevée, faibles et précise
- une grande souplesse d'utilisation et non encombrant
- Gamme de température très large : De 0 à 1600 K (1326.85°C)
- Faible cout d'achat

B. Inconvénients:

- La non linéarité (réponse non linéarité)

- Faible amplitude de signal
- La température de référence doit être connue.

II.10.2.2. Capteur de température de type résistance:

La technologie de type résistance est la plus communément utilisée du fait de sa facilité de fabrication et de l'évolution linéaire de ces résistances avec la température.

En particulier, le platine est un matériau populaire pour la réalisation de plaques chauffantes, il supporte de fortes densités de courant, il est fortement résistant à l'oxydation et il peut opérer à des températures de 550°C-600°C [21]. sans changement structurel. Il est adapté à la détection de température car son dépôt est maîtrisé, on utilise généralement les procédés CVD (évaporation ou pulvérisation cathodique) ou encore des dépôts électrolytiques ; suivant les méthodes employées, on conditionne les caractéristiques intrinsèques du matériau.

La plupart des métaux présentent un coefficient de température de la résistivité de l'ordre de $3,4 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Trois matériaux sont principalement utilisés à l'état de résistance en raison, d'une part, de leur linéarité et d'autre part, de leur facilité de mise en œuvre : [38]

Ce sont le cuivre, le nickel et le platine. Les valeurs normalisées à 25 °C, sont 50 pour Ni et 100 pour Pt .

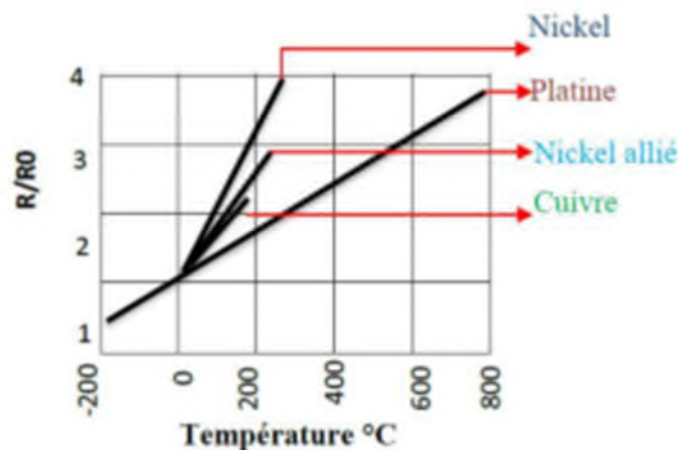


Figure II.5 : Evolution de la résistance en fonction de la température pour les matériaux exploités

II.11. Caractéristiques techniques d'un capteur de température:

II.11.1. Thermomètre résistifs:

Une manière particulièrement courante pour réaliser un capteur de température consiste à utiliser un capteur de température résistif (Résistive Temperature Detector, RTD). Ce principe de capteur permet d'obtenir une mesure de la température avec une haute précision.

En effet, certains métaux permettent d'obtenir une variation prédictive de leur résistivité avec la température, et dans de très nombreux cas quand la température augmente. La résistance augmente, Les RTD utilisent cette propriété du matériau pour mesurer la température.

En général les RTD sont prévues pour être polarisées par un courant électrique constant (1.00 mA couramment) .En conséquence, leurs résistance, dépendante de la température, est traduite en une différence de potentiel aux bornes du capteur qui est lue par un voltmètre numérique très généralement pourvu d'un calculateur qui converti la tension en une valeur du mesurandes.

La valeur de la résistance d'une RTD, bien que dominée par la température ambiante, puis à moindre mesure par les effets d'auto-échauffement, est influencée entre autre par la déformation de la jauge, comme par les impuretés présents dans le matériau de l'élément sensible.

La sensibilité d'un thermomètre résistif est définie comme la variation relative de résistance d'un capteur par unité de température ($\Delta R/R/1^{\circ}C$, évaluée couramment en $\%/^{\circ}C$) .[39]

II.11.2. Thermistors:

A la différence d'une RTD, l'élément sensible d'un thermistor est une céramique semi-conductrice. En comparaison, une RTD possède un faible coefficient de $0.4 \%/^{\circ}C$ à $0.6 \%/^{\circ}C^{-1}$. Selon le matériau qui le constitue, un thermistor peut présenter un coefficient de température positif (les PTC) ou un coefficient de température négatif (les NTC), bien plus important en valeur absolue. [39]

A. Thermistors PTC:

Deux types de PTC sont disponibles. Les thermistors PTC en silicium, dont le principe repose sur la caractéristique résistivité- température, relativement linéaire, d'un substrat de silicium dopé.

Ces capteurs ont un coefficient α généralement compris entre $0.7\%/^{\circ}\text{C}^{-1}$ et $0.8\%/^{\circ}\text{C}$. Tout naturellement, les PTC en silicium sont très majoritairement utilisées pour réaliser la compensation en température du fonctionnement d'un circuit intégré [12].

Les interrupteurs PTC forment un autre type de PTC et sont utilisés pour la protection en surtension de cartes électroniques. Les matériaux les constituants sont très généralement des composés de plomb, de titanates de strontium et de baryum. La figure 3.2 présente la caractéristique résistivité- température typique d'un interrupteur PTC [39]

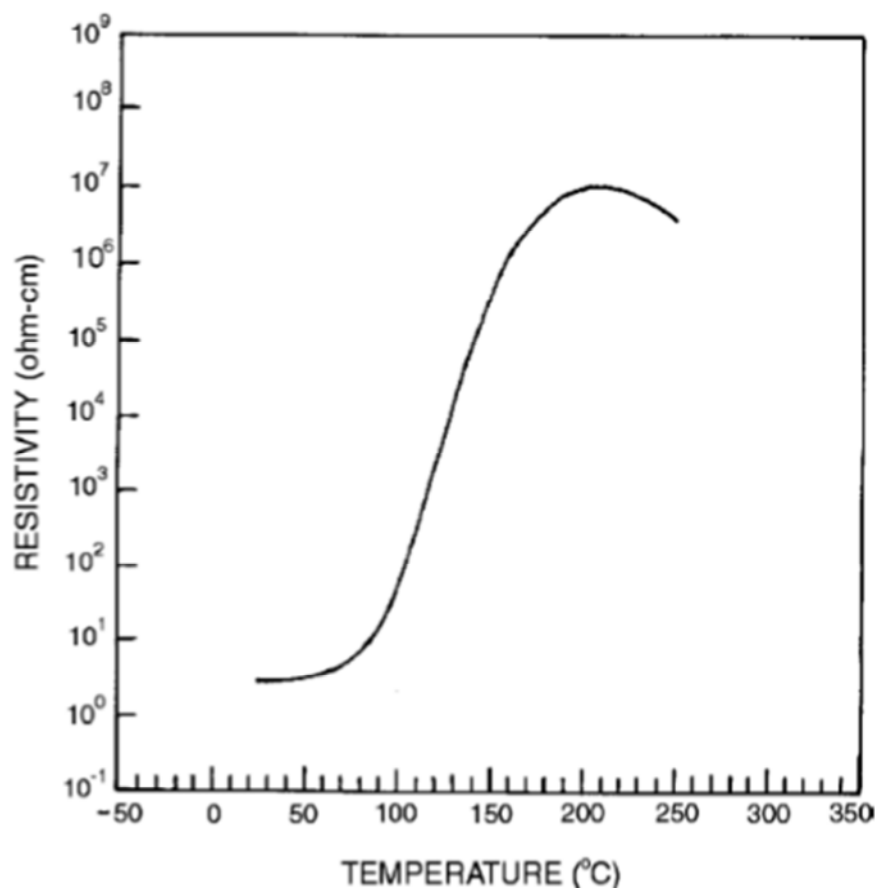


Figure II.6 : Courbe caractéristique typique de la résistivité d'une PTC en fonction de la température ambiante (en °C). [3]

B. Thermistors NTC:

Les thermistors NTC sont constitués d’oxydes de chrome, de cobalt, de cuivre, de fer, de manganèse, de nickel et de titane (métaux de transition de la quatrième période de la classification périodique des éléments). Ces thermistors possèdent alors une résistivité qui décroît de manière monotone avec la température.

En supposant l’auto-échauffement du thermistor NTC comme étant négligeable, la caractéristique résistance- température est approximativement donnée par [7-9]

$$\text{Log}(R_T) = A + \frac{\beta}{T}$$

Ou T représente la température absolue, en k, puis A et β représentent des constantes du matériau constitutif de l’élément sensible. En posant R_{T_0} la résistance du capteur à la température T_0 , il vient :

$$R_T = R_{T_0} \exp\left(\beta \frac{T_0 - T}{T \cdot T_0}\right)$$

Le coefficient de température d’un thermistor NTC est alors défini comme :

$$\alpha = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT} = -\frac{\beta}{T^2}$$

II.12. Comparaison entre les types de capteur de température:

Type de capteur	Avantages	Inconvénients
Type résistance	Durée de vie (6000h). précision pratiquement linéaire.	Plage de mesure moins grande que les thermocouples.
thermocouple	Grande plage de mesure. Réaction rapide. Large gamme de température : de 0 à 1600 K. Robustes : résistance aux chocs et aux vibrations.	Durée de vie (1000h). Non linéaire gestion de la soudure froide. Température de référence nécessaire. Faible sensibilités pour certain type de thermocouple.

Tableau II.3 : Comparaison entre les types de capteur de température.

II.10.2. Capteurs de vibrations:

Le capteur de vibrations est le premier maillon de la chaîne de mesure. Le plus largement utilisé est l'accéléromètre ou capteur piézoélectrique. Le principe de tous ces accéléromètres est de générer un signal électrique proportionnel au niveau de vibration. Ces accéléromètres sont très appréciés car ils possèdent une large bande de fréquence présentant une excellente linéarité, permettent l'intégration du signal pour obtenir la réponse en vitesse ou en déplacement et sont d'une excellente précision et fiabilité.

La façon d'utiliser l'accéléromètre joue un rôle primordial dans la prise de mesure. En effet, le mode de fixation et l'emplacement du capteur influent sur les résultats. La fixation sur la structure doit être réalisée à partir d'une liaison parfaite. Il existe plusieurs modes de fixation tels que le goujon vissé, l'embase magnétique, le point touche. Ces différents modes jouent un rôle considérable sur la bande de fréquence et surtout sur la répétitivité des mesures.

Les signaux enregistrés par les capteurs sont souvent le résultat d'un mélange de nombreuses sources vibratoires qui peuvent perturber l'interprétation des niveaux d'analyse introduit dans la section précédente. Et ceci est d'autant plus vrai si le capteur n'est pas placé au plus près du défaut potentiel du à un manque d'accessibilité.[40]

II.10.2.1. Types des capteurs:

A. Accéléromètre piézo-électrique:

Le capteur et le conditionneur de signal qui lui est associée sont les deux maillons de base communs à toute chaîne de mesure et tout système de surveillance ou de diagnostic par analyse de vibrations. Sa dynamique de mesure et sa bande passante très étendue font de l'accéléromètre piézo-électrique le capteur le mieux adapté pour l'analyse des vibrations absolues de palier. Le choix d'un accéléromètre et du conditionneur de signal sera guidé par la spécialité et l'environnement des équipements à surveiller (vitesse, température des paliers, distance entre capteur et unité de traitement ...). Les éléments déterminants dans le choix d'un accéléromètre et de son conditionneur, outre la sensibilité et les facteurs d'influences, sont la fréquence de coupure inférieure de la fréquence de résonance. En absence de contraintes particulière d'utilisation (température de palier très élevée [$>120^{\circ}\text{C}$] ou vitesse de rotation très basse [$<120\text{tr}/\text{min}$] l'accéléromètre a

électronique incorporée (ICP) est de plus en plus utilisé au déterminent de l'association accéléromètre / amplificateur de charge.[41]

B. Capteur à courant de Foucault:

Le capteur de proximité le mieux adapté à la mesure et à l'analyse du déplacement relatif d'un arbre dans son palier est le capteur à courant de foucault. Sa bande passante est très étendue mais sa dynamique est faible à cause du bruit élevé induite par les imperfections d'usinage de l'arbre et la non homogénéité magnétique des matériaux le constituant. Ces imperfections géométriques et magnétiques se traduisent dans le domaine spectral par la présence d'un peigne de raies dont le pas correspond à la fréquence de rotation.[42]

II.10.3.Capteur de position:

Un capteur de position est un dispositif qui permet de recueillir des informations sur la position d'un objet dans un espace de référence. Ces informations peuvent être obtenues : par contact direct avec l'objet, grâce à un contacteur constitué de divers élément tels que : galet, tige, bille, roue codeuse.

II.10.3.1.Types de capteur:

A. Potentiomètres:

Le potentiomètre à piste conductrice est réalisé à partir d'une matière plastique chargée par une poudre de métale de carbone.

La limite de résolution de ce type de potentiomètre dépend de la granulométrie de la poudre conductrice et peut descendre, pour un potentiomètre linéaire, jusqu'à 0.1 m [43]

B. Capacitifs:

Un changement de capacité peut être induite par une variation de permittivité du milieu entre les armatures, La variation de permittivité peut être due à une variation de niveau d'un liquide entre les armatures du condensateur et permet de mesurer ce niveau.

La variation de distance entre les armatures traduit des déplacements rectilignes. Le condensateur à écartement variable ne peut être utilisé que pour les étendues de mesure faible (en général inférieures au mm). La capacité varie en fonction inverse de la distance.

La variation de surface est réalisée dans un condensateur plan avec un armateur tournant ou dans un condensateur cylindrique dont une armature coulisse le long de l'axe.[43]

C. Photoélectriques:

Les capteurs photoélectriques sont souvent utilisés comme capteurs de position à sortie binaire.

Ils comprennent généralement un émetteur de lumière (diode photoémissive ou diode laser) et un récepteur (photodiode ou phototransistor).

Ils sont conçus pour détecter la présence d'un objet sur le trajet lumineux allant de l'émetteur au récepteur par transmission ou par réflexion. [43]

II.10.3.2. Grandes méthodes de repérage des positions et mesure des déplacements:

- Une partie du capteur est directement liée à l'objet : le capteur fournit un signal fonction de la position. Les variations de ce signal traduisent le déplacement.
- Le capteur délivre une impulsion à chaque déplacement élémentaire. La position et le déplacement sont déterminés par comptage des impulsions émises.
- Les capteurs de proximité, caractérisés par l'absence totale de liaison mécanique entre le capteur et l'objet. [43]

II.10.4. Capteur de pression:

Un capteur de pression est un instrument composé à la fois d'un élément sensible à la pression pour déterminer la pression réelle appliquée au capteur et de certains composants pour convertir cette information en un signal de sortie.[44]

II.10.4.1. Types de capteurs:

A. Capteur de pression absolue:

Mesurent la pression par rapport à une chambre de référence (presque vide)

B. Capteur de pression relative:

Sont utilisés pour mesurer la pression par rapport à la pression atmosphérique actuelle.

C. Capteur de pression manométrique étanche:

Sont comme des capteurs de pression manométriques, mais ils mesurent la pression par rapport à une pression fixe plutôt qu'à la pression atmosphérique actuelle.

D. Capteur de pression différentielle:

Déterminent la différence entre deux pressions et peuvent être utilisés pour mesurer les pertes de charge, les débits.

II.10.5. Capteur de vitesse:

Le capteur de vitesse est un élément indispensable. Celui-ci permet, en effet, la mesure de la vitesse de rotation magnétique afin de fournir une tension y correspondant.

Le capteur de vitesse est également nécessaire afin de contrôler la vitesse d'un moteur thermique ou électrique. [45]

III.10.5.1.Types de capteur:

Les différents types de capteur de vitesse sont :

A. Capteurs inductifs bipolaires: ont la particularité d'être capables de transmettre un signal électrique plus important par rapport à celui qui est transmis par les capteurs mono polaires.

B. Capteurs inductifs mono polaires: quant à eux, sont des capteurs magnétiques ou inductifs permettant la mesure, sans contact, de la vitesse des roues. La tension qu'ils produisent est dite alternative et peut avoir une amplitude qui peut varier en fonction de la forme de la dent, de la vitesse de rotation, de la taille de l'entrefer et des matériaux utilisés.

C. Capteurs actifs à effet hall: sont constitués d'un élément de hall et d'une partie électronique intégrée. Quant aux capteurs actifs magnéto-résistifs et d'une partie électronique intégrée.

Chapitre III

INTERFACES

(CARTES D'ACQUISITION)

III.1. Interfaces:

III.1.1.Définition:

Interface appelée unité d'échange d'entrée-sortie ou port d'entrée-sortie est un sous-ensemble matériel, logiciels et des spécifications permettant à l'UC d'échanger des informations avec le monde extérieur.

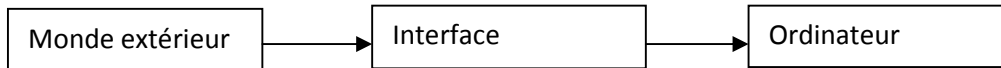


Figure III.1.Fonctions principales de l'interface

- La communication avec le CPU et les périphériques
- La mémorisation temporaire des données
- La détection et la correction des erreurs

III.1.2.Cas de l'interface:

III.1.2.1.Interface en communication: définie par 4 couches :

- 1) **Physique:** définition du support d'information ou média ce peut être le réseau internet, une disquette, une clef USB, une feuille de papier, les vibrations de l'air,
- 2) **Orthographique:** définition du codage des caractères, des images et des sons, les phonèmes.
- 3) **Lexicale:** définition des termes échangée.
- 4) **Grammaticale:** ordre et ordonnancement des termes.

III.1.2.2.Interface homme-machine:

Une interface homme-machine (IHM) permet d'échanger des informations entre l'utilisateur humain et la machine

III.1.2.3. Interface en électronique: définie par quatre couches :

- 1) **Physique:** définition des broches de connexion, configuration mécanique des connecteurs
- 2) **Logique:** nom des signaux et alimentations véhiculés par les broches du/des connecteur(s), sens de distribution

- 3) **Électrique:** Mode de pilotage (tension/courant) des signaux, niveaux de tension ou de courant, vitesses minimale et maximale de commutation, temps d'établissement et/ou de maintien
- 4) **Protocolaire:** rapport des signaux entre eux, signal ou un groupe de signaux, interdits, etc.

III.1.2.4. Interface en informatique:

Une interface est un arrangement de conception logicielle pour permettre le couplage de composants. Pour une bibliothèque logicielle on parle d'interface de programmation ou API.

III.1.2.5. Interface en géographie: on distingue ainsi les interfaces :

- Continentales, entre deux pays ou régions (terre-terre)
- Maritimes, entre une façade maritime et le reste du monde (terre-mer)
- Ouvertes (libre circulation), fermées (absence de flux) ou partiellement ouvertes.

III.1.2.6. Interface en langue des signes: il se distingue d'un interprète en langue des signes par :

- Son niveau de compétence linguistique moins élevé dans les deux langues
- L'absence de formation spécifique
- L'absence de déontologie précise, l'interface suivant ses propres règles de conduite.

III.2. Cartes électroniques:

Les cartes électroniques connectés verticalement a la carte mère et assurant la communication entre les préthéoriques et la carte mère sont appelés cartes d'interface.

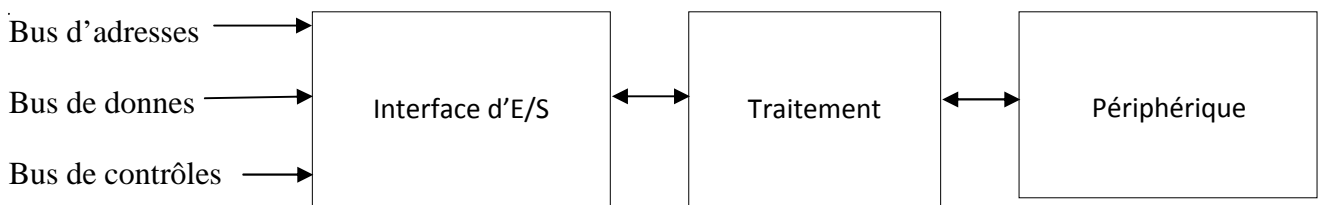


Figure III.2. Structure d'une carte interface

III.3. Carte d'acquisition(CAN)

La carte d'acquisition consiste à transformer la tension analogique en un code binaire (numérique) adapté à son exploitation dans un processus de régulation, de contrôle, de calculs ou encore de stockage .La carte d'acquisition comporte deux étapes : [46]

- L'échantillonnage
- Conversion proprement dite.

III.3.1. Acquisition de données:

III.3.1.1.Définition:

L'acquisition de données consiste à enregistrer des signaux physiques sur un support numérique. [47]

III.3.1.2.Chaine d'acquisition de données:

Une chaine d'acquisition généralement constituée des éléments suivants :[48]

- Les capteurs et les actionneurs pour transformer les grandeurs ou phénomènes physiques à mesurer et à contrôler en signaux électriques : thermocouple (température), vanne (débit), etc.;
- Le câblage et le conditionnement des signaux;
- Le matériel d'acquisition et de restitution de données;
- Les techniques de traitement des données (logiciel et/ou matériel).

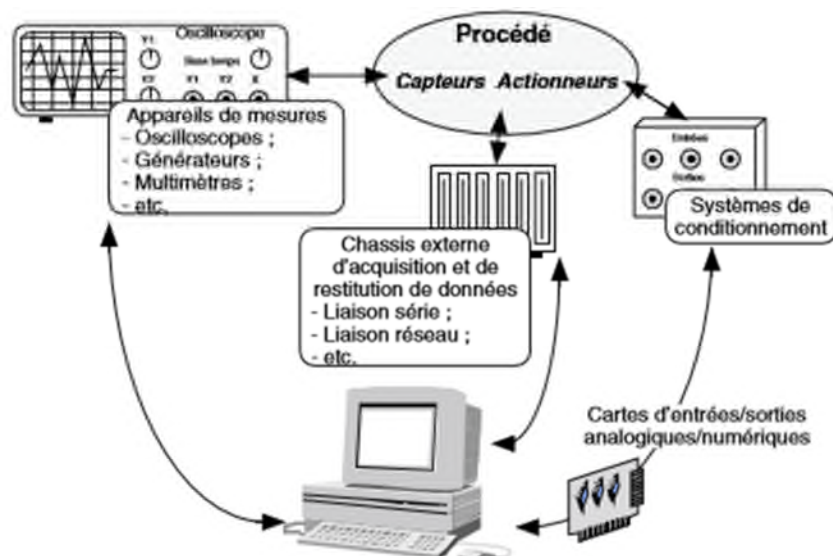


Figure III.3. Différentes configurations possibles d'une chaîne d'acquisition et de restitution de données:[48]

III.3.1.3. Principe d'un d'acquisition:

Une carte d'acquisition se trouve dans PC. Elle assure la conversion des signaux analogique (les tensions) en signaux digitaux (les nombres). Pour amener les signaux analogiques depuis les divers capteurs jusque sur la carte, il faut respecter l'ordonnancement défini par son constructeur. C'est le rôle du multiplexage qui permet de diriger es signaux analogique sur la carte d'acquisition, en suivant les prescriptions du fabricant de la carte. [47]

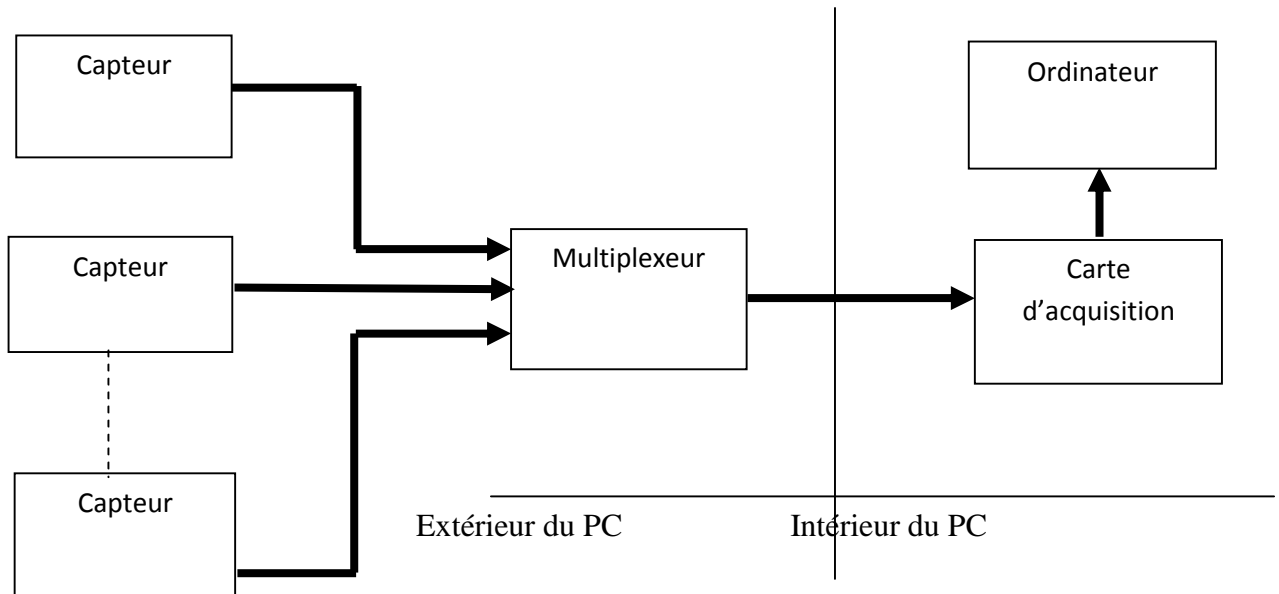


Figure III.4.Schéma de principe d'un d'acquisition de petitedimension. [47]

Dans le cas d'un système d'acquisition nécessitant le lecteur d'un grand nombre de voies, on ne peut procéder ainsi (figure III.5).Il faut alors déporter les cartes assurant digitalisation à l'extérieur du PC dans des châssis dédiés. Les signaux numériques sont ensuite lus par l'intermédiaire d'une carte réseau qui permet d'accéder à toutes les cartes d'acquisition. Vu le petit nombre de voies d'entrée qu'on aura à utiliser, on n'adoptera pas ce système dédié mais le précédent schématise (figure III.4).[47]

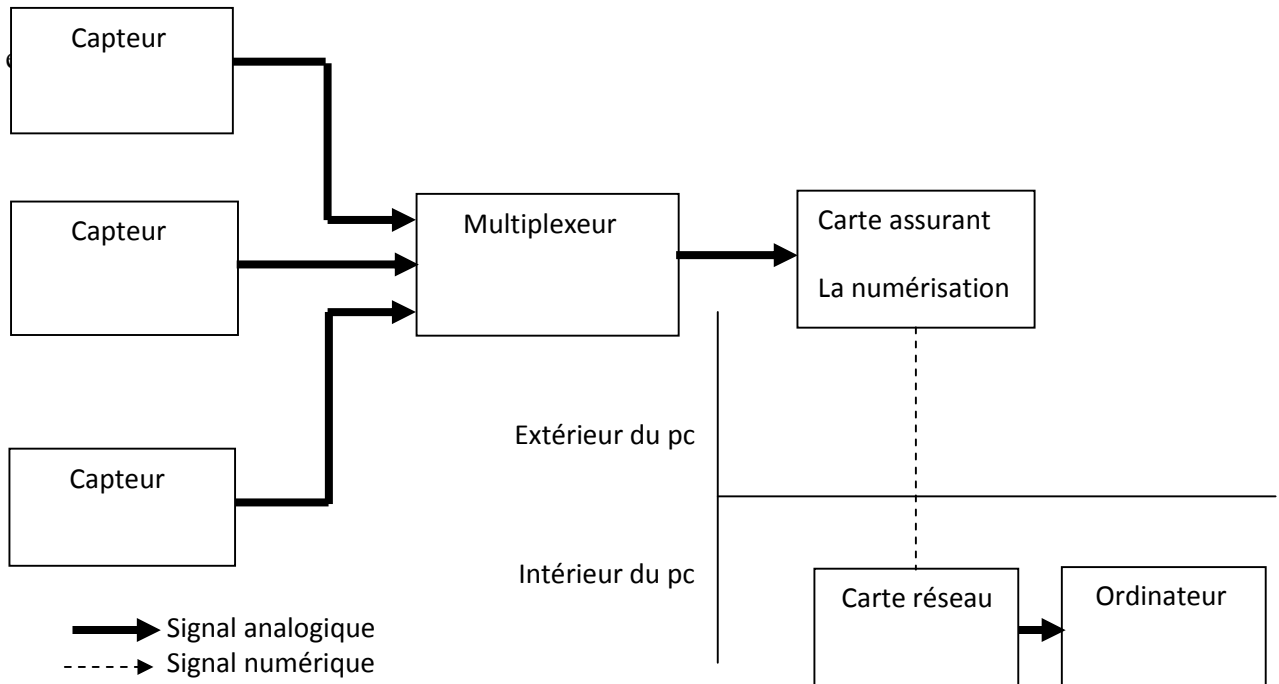
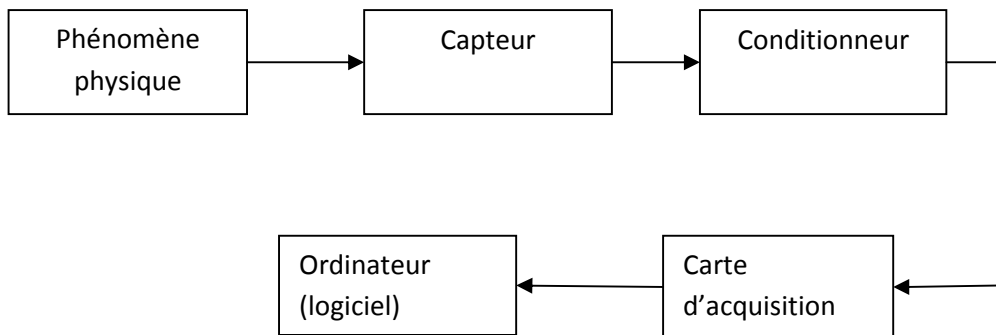


Figure III.5.Schéma de principe d'un système d'acquisition de grande dimension.[47]

III.3.2.Bloques d'acquisitions:



FigureIII.6.Structure d'une chaîne d'acquisition

- **Capteur:** Il est l'interface entre le monde physique et monde électrique.
- **Conditionneur:** Consiste à rendre exploitable la mesure issue du capteur.
- **Carte d'acquisition:** Carte ajoutée à un ordinateur pour la numérisation.
- **Zone de stockage:** Elle peut être support de traitement (DSP, ordinateur), un élément de sauvegarde (RAM, disque dur) ou encourre une transmission vers un récepteur situé plus loin.

III.3.3. Importance du câblage:

Dans toute chaîne d'acquisition de données, il est important de bien définir la spécification du câblage.

Les paramètres intrinsèques permettent de déterminer les deux caractéristiques les plus importantes d'un câble : la bande passante et l'impédance .Il dépendent à la fois des composants utilisés pour la réalisation du câble et de la géométrie de ce câble. Une autre caractéristique essentielle est l'immunité aux bruits. Quatre catégories de câbles sont en général utilisées pour ces applications : le câble en nappe, la paire torsadée, le câble coaxial ou la fibre optique.[48]

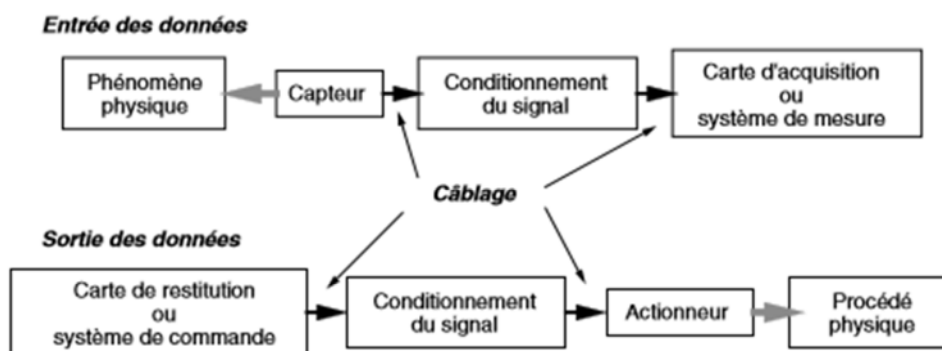


Figure III.7. Visualisation des câblages importants

III.4. Conditionnement de signaux:

Dans une chaîne industrielle d'acquisition et de restitution de données, le système de conditionnement de signaux se place entre les capteurs ou les actionneurs et la chaîne industrielle de mesure. Les fonctions de conditionnement des signaux sont multiples et variées:[48]

- **Alimentation du capteur ou de l'actionneur:** Isolement de cette tension par rapport à celle du système de mesure, tension d'alimentation différente en niveau ou en puissance (+12 V, 24 V, 12 V, etc.)... amplification (adaptation de niveau) et/ou médiation du type du signal (de courant en tension) afin d'éviter une transmission d'un signal de bas niveau sur de longues distances;
- **Isolement galvanique:** Protection du système de mesure contre les surtensions transitoires élevées pouvant survenir sur le capteur, protection contre les tensions négatives, etc.;

- **Filtrage:** Filtrage du bruit (filtrage passe-bas, filtre éjecteur des harmoniques du secteur...), Filtrage antirepliement...;
- **Traitement spécifique à des capteurs:** linéarisation (thermocouples...), compensation (thermocouples, ponts de jauge, etc.)...;
- **Conversion analogique-numérique ou numérique analogique** (dans ce cas le système de conditionnement est en fait une carte d'acquisition déportée).

Ce système peut être intégré au système de mesure (directement au niveau des cartes d'entrées/sortie) ou séparé si, par exemple, les fonctions le nécessitent :

Découplage, etc. Ainsi il est possible de distinguer trois grands types d'architectures (figure III.8) :

- Les modules de conditionnement simple (alimentation, isolation, amplification, filtrage);
- Les systèmes de conditionnement qui peuvent aller jusqu'à un système complet de mesure déporté;
- Des fonctions de conditionnement directement intégrées sur les cartes d'entrées/sorties du système de mesure

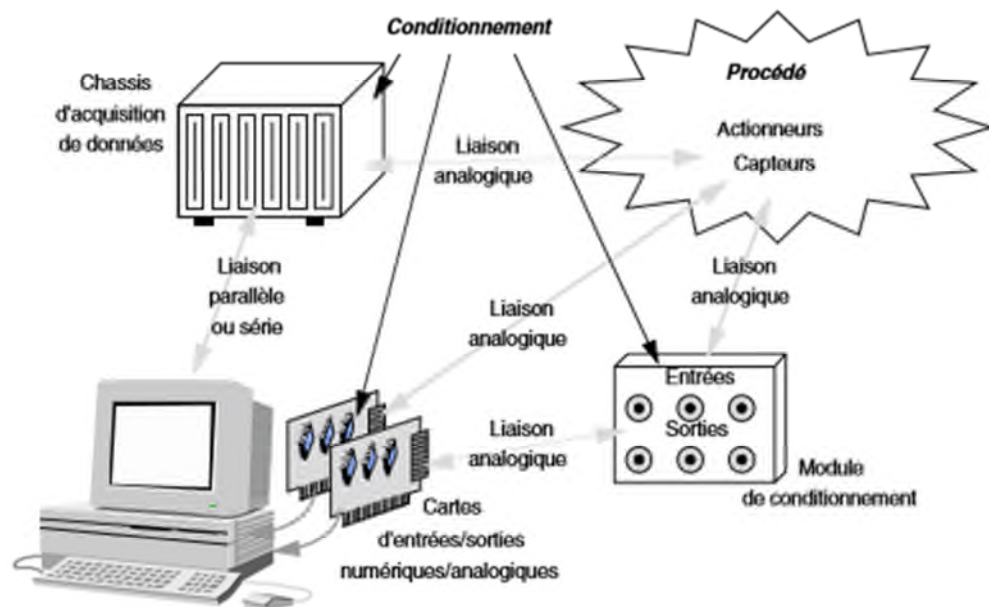


Figure III.8. Différentes possibilités de mise en place des fonctions de conditionnement de signaux. [48]

III.5. Mis en œuvre d'une chaîne d'acquisition:

La démarche du choix d'une chaîne d'acquisition de données doit suivre une méthodologie, il est nécessaire de décrire des fonctions supplémentaires utilisées sur les cartes d'entrées/sorties :[48]

- Multiplexage;
- Amplification variable ou programmable;
- Temporisation ou comptage;
- Relation normalisée avec le micro-ordinateur : bus.

III.5.1. Fonctions supplémentaires:

III.5.1.1. Multiplexage:

Si l'on veut réaliser l'acquisition de plusieurs signaux analogiques différents, il serait très coûteux d'avoir autant de voies d'acquisition (échantillonneur/bloqueur, CAN) que de signaux à acquérir. Aussi il est possible d'utiliser des circuits appelés « multiplexeurs analogiques » permettant d'aiguiller une entrée parmi toutes les entrées vers le système de conversion. Si la vitesse d'acquisition reste basse et si l'on commutent l'ordre de la dizaine de voies par seconde. On peut se contenter de multiplexeurs mécaniques, par exemple des relais à lames souples. Pour des vitesses supérieures, les multiplexeurs seront des multiplexeurs électroniques composés de réseaux de transistors MOS.[48]

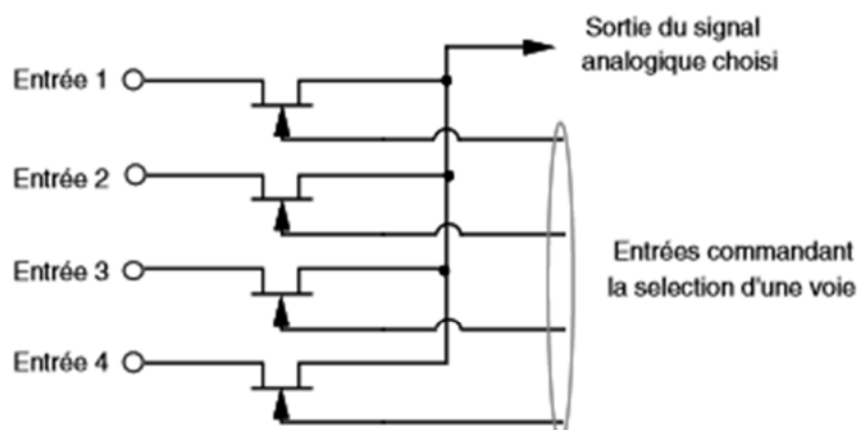


Figure III.9. Schéma de principe d'un multiplexeur analogique [48]

Les commandes des voies (4 à 16 voies) se font en général par un décodeur logique du type 1 parmi n. Ainsi pour un multiplexeur 4 voies, 2 entrées de commande,

correspondant aux combinaisons 00, 01, 10, 11, suffisent, 3 entrées pour 8 voies et 4 entrées pour 16 voies. Ces entrées de commande sont de type logique TTL et donc directement accessibles par le système informatique.

La figure (III.10) représente la structure interne d'un composant multiplexeur complet.

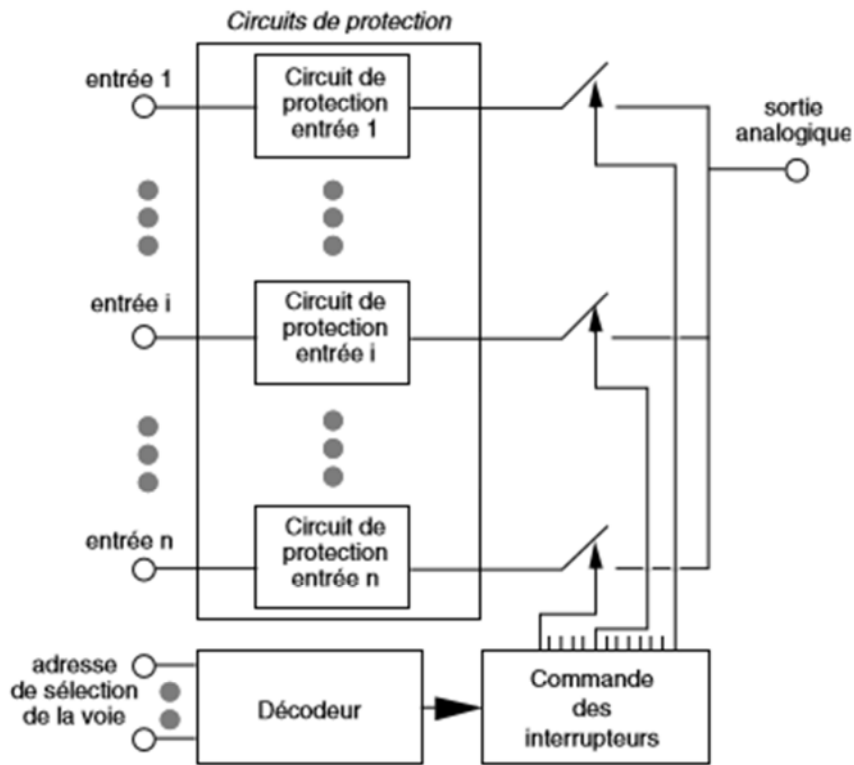


Figure III.10. Structure interne d'un multiplexeur. [48]

III.5.1.2. Amplification programmable:

Cette amplification programmable, qui est disponible sur certaines cartes d'acquisition de données, ne présente pas les qualités d'un amplificateur dit de mesure. En effet ces amplificateurs de mesure, qui se situent généralement au niveau du conditionnement des signaux, possèdent des caractéristiques de gain, de bande passante et de réjection de mode commun qui permettent d'obtenir des gains plus importants tout en conservant une très bonne qualité du signal.

III.5.1.3. Temporisation ou comptage:

Les cartes d'entrées / sorties peuvent avoir des circuits appelés compteur/temporisateur (Counter/Timer). Ces circuits possèdent des registres de 16 ou 32 bits qui peuvent être incrémentés ou décréments à une cadence d'horloge programmable, par

exemple dans le domaine de $1\mu\text{s}$ à 10 ms (figure III.11). Ces circuits peuvent être utilisés de façon interne à la carte pour piloter les circuits de cette carte, en particulier ceux liés aux entrées/sorties comme par exemple la fréquence d'échantillonnage du convertisseur analogique-numérique.[48]

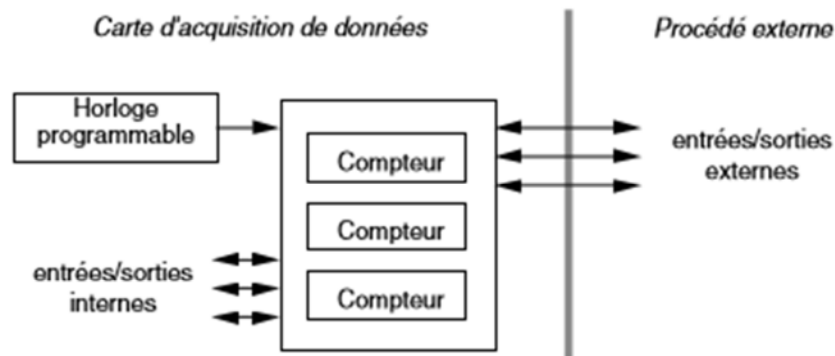


Figure III.11. Description schématique de l'interconnexion des circuits compteurs au niveau de la carte d'acquisition [48]

III.5.1.4. Bus:

La carte d'acquisition ou restitution de données va s'insérer dans le bus utilisé par le micro-ordinateur pour communiquer avec les périphériques en chables. Il suffit donc de choisir la carte correspondant au type de bus ou à l'un des types de bus disponibles dans votre micro-ordinateur.

Pour pouvoir identifier ce bus par son nom et ses caractéristiques de base, nous allons décrire les principaux types de bus :

- Bus XT (1981) : ce bus de 8 bits a été utilisé sur les premiers micro-ordinateurs IBM PC/XT. La fréquence d'horloge est de 8,33 MHz;
- Bus AT ou ISA (1985) : ce bus de 16 bits, version suivante du bus XT, est utilisé dans les versions anciennes des compatibles IBM PC basés sur les processeurs 286 et 386. Cependant le bus AT peut aussi être disponible sur les versions 486. La fréquence d'horloge est de 8,33 MHz;
- Bus EISA (1988): ce bus est une extension du bus AT et est utilisé sur les machines à base de 486. La fréquence d'horloge est de 8,33 MHz;
- Bus Nubus (1987): Ce bus de 32 bits est essentiellement implanté dans les machines de la gamme Apple. La fréquence d'horloge était de 10 MHz dans la première version; elle est montée à 20 MHz dans la version de 1993;

- Bus NEC: ce bus de 16 bits est spécifique des machines japonaises du constructeur NEC.
- Bus PCI (Peripheral Component Interconnect, 1991).

Le bus PCI est actuellement le plus utilisé dans le domaine de l'interfaçage avec des cartes d'entrées/sorties. Les principales caractéristiques de ce bus sont :

- L'adresse est codée sur 32 bits;
- Le bus PCI s'implémente sur 32 lignes multiplexées d'adresses et de données avec une extension possible à 64 lignes;
- La fréquence d'horloge de base est fixée à 33 MHz avec une extension à 66 MHz. Une nouvelle extension du standard du bus PCI doit porter la fréquence d'horloge à 133 MHz (1998);
- Le fonctionnement du bus est de type synchrone avec un émetteur «maître» et un récepteur «esclave».

Ce bus correspond à la demande actuelle en termes de vitesse de transfert puisqu'il atteint dans sa version de base (32 bits et 33 MHz) une vitesse de 132 MOctets/s.[48]

III.6.Cahier de charge:

Le système de détection des anomalies de fonctionnement et des défaillances et basé sur un ensemble de capteurs.

Ces capteurs doivent être capables de détecter les variations des paramètres physiques telle que ; la pression, la température, la vitesse, la position et les vibrations ou tout autre grandeur physique.

Toute chaîne industrielle est un ensemble de mécanismes généralement en mouvement ce qui nécessite un contrôle permanent des éléments constitutifs du mécanisme.

Selon l'importance fonctionnelle du composant, une surveillance et un contrôle rigoureux doivent être effectués.

L'objectif de ce travail est la conception d'un système de détection préventive des défaillances.

Notre système comprend :

- Capteurs; CAN et CNA ;
- Multiplexeurs ;

- Démultiplexeurs ;
- Système de traitement ;
- Un système d'affichage (Alertes) ;

III.6.1. Schéma bloc du système :

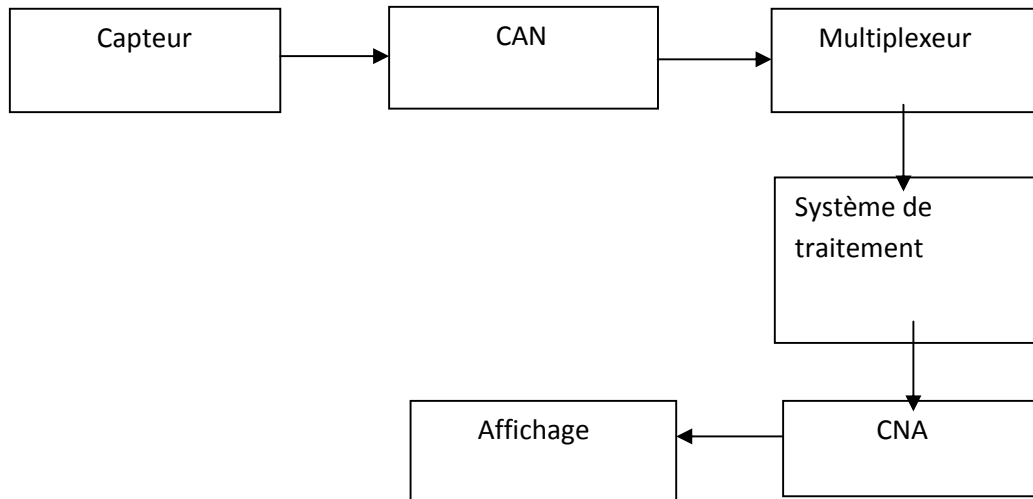


Figure.III.12. Schéma bloc du système

Pour chaque grandeur à mesurer on a une plage de fonctionnement autorisée c'est-à-dire entre un minimum et un maximum ;

$$(T_{\min}, T_{\max}), (P_{\min}, P_{\max}), (V_{\min}, V_{\max}), (\Theta_{\min}, \Theta_{\max}), (\omega_{\min}, \omega_{\max}), (\eta_{\min}, \eta_{\max})$$

Certaines grandeurs sont dépendantes, en particulier la température et la pression ou toute augmentation de la température peut être accompagnée d'une augmentation de la pression.

Tout système industriel est généralement automatisé et asservi et donc le système se corrige et s'adapte automatiquement. En exécutant des micro-ordres de réaction. A défaut le système nécessite une intervention extérieure. Cette intervention rentre dans le cadre de la maintenance préventive.

Les capteurs comme étant les premiers éléments de la chaîne sont destinés à convertir la grandeur physique en une grandeur électrique susceptible au traitement.

Les signaux issus des capteurs subissent un traitement selon leur ordre de grandeur tel que la pré-amplification et la mise en forme.

Pour le passage du domaine analogique ou numérique nous avons utilisé des convertisseurs Analogique / Numérique (CAN).

Selon l'ordre de grandeur des installations, la transmission des signaux de mesure du CAN vers l'unité de traitement doit être sérialiser. Pour remplir cette tâche nous avons utilisé des multiplexeurs. (Le choix des multiplexeurs dépend du nombre de capteurs).

Ces multiplexeurs sont interfacés à l'unité de traitement.

L'unité de traitement comprend un Microprocesseur et son environnement.

Les résultats du traitement sont acheminés vers un afficheur tout en subissant un traitement inverse. Alors, une reconversion Numérique / Analogique est nécessaire.

L'affichage peut être visuel, sonore ou par le biais d'un Micro ordre pour l'amorçage d'un actionneur.

Le but de ce travail est le suivi en temps réel de l'évolution des grandeurs en fonction du temps afin de les maintenir au voisinage des valeurs nominales.

Le décalage vers des valeurs extrémales représente une alerte et fait appel à des inspections ou des interventions.

En fonctionnement normale tout paramètre reste dans le voisinage immédiat de la valeur nominale (référence ou consigne).

L'usure ou la perte des performances écarte proportionnellement les valeurs mesurées des consignes.

Nous avons pensé à l'utilisation de ces valeurs comme un indicateur pour mener des interventions préventives. Pour cette raison nous devons effectuer des enregistrements durant un intervalle de temps (cyclique) ces enregistrements sont utilisés pour calculer une valeur moyenne du paramètre concerné.

Cette valeur moyenne est comparée à l'écart type calculer lorsque la valeur nominale est considéré comme valeur moyenne à savoir E_1 et E_2 .

III.6.2.Schéma synoptique de la carte :

Nous présentant dans le schéma suivant un synoptique de la carte

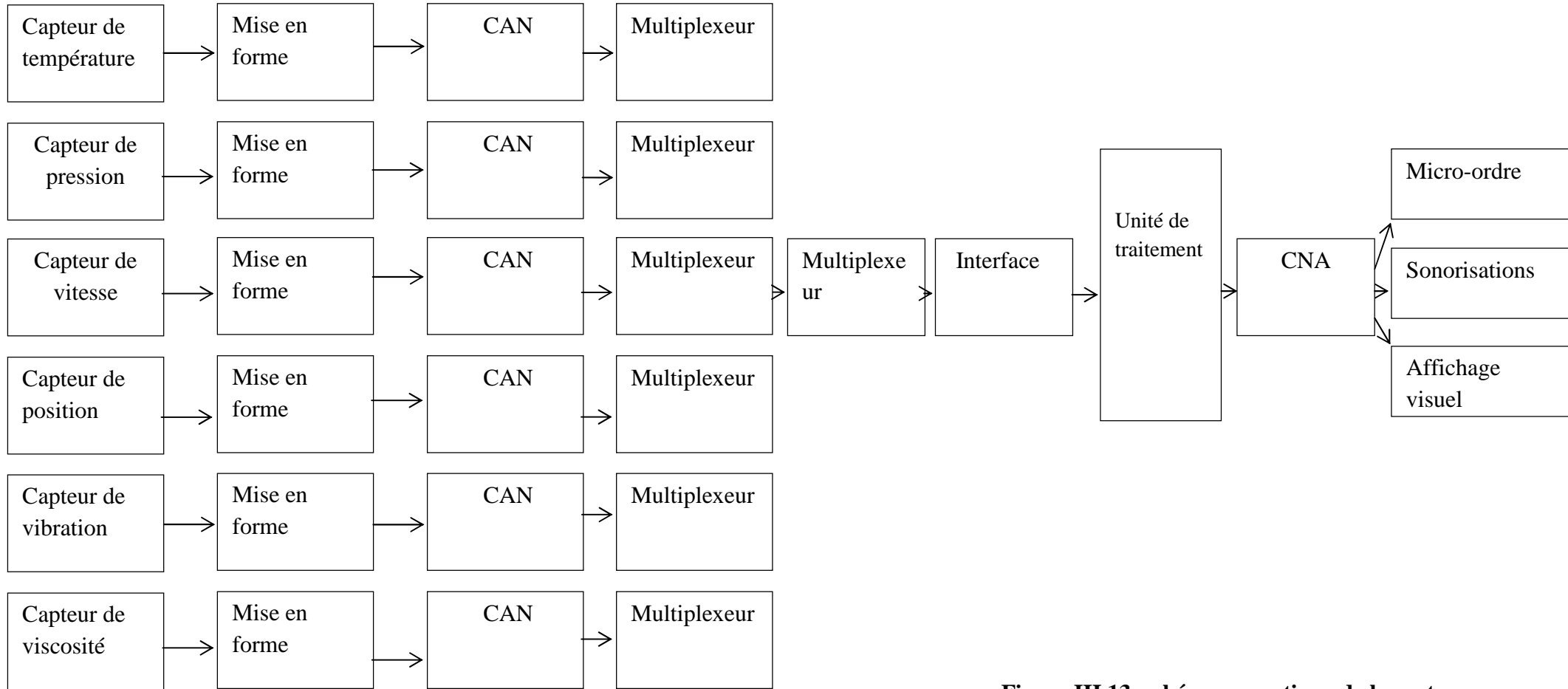


Figure.III.13. schéma synoptique de la carte

Pour des raisons de simplification on va utiliser deux capteurs pour chaque grandeur, à savoir : (CT_1, CT_2) , (CP_1, CP_2) , (CV_1, CV_2) , $(C\Theta_1, C\Theta_2)$, $(C\omega_1, C\omega_2)$, $(C\eta_1, C\eta_2)$.

Les tests et les tests combinés seront présentés par l'organigramme de l'application.

Il est à noter que nous devons réaliser des prélèvements de valeurs durant le temps de fonctionnement des dispositifs afin de calculer la valeur indicatrice de la tendance de l'évolution de cette grandeur pour prédire l'action adéquate.

III.7.Algorithme de fonctionnement :

Introduire les valeurs (consignes) :

T_{1min} , T_{1max} , T_{2min} , T_{2max} , P_{1min} , P_{1max} , P_{2min} , P_{2max} , V_{1min} , V_{1max} , V_{2min} , V_{2max} , Θ_{1min} , Θ_{1max} , Θ_{2min} , Θ_{2max} , ω_{1min} , ω_{1max} , ω_{2min} , ω_{2max} , η_{1min} , η_{1max} , η_{2min} , η_{2max} , N ,

Introduire les valeurs de références :

$T_{1réf}$, $T_{2réf}$, $P_{1réf}$, $P_{2réf}$, $V_{1réf}$, $V_{2réf}$, $\Theta_{1réf}$, $\Theta_{2réf}$, $\omega_{1réf}$, $\omega_{2réf}$, $\eta_{1réf}$, $\eta_{2réf}$

III.7.1.Cas des paramètres indépendants :

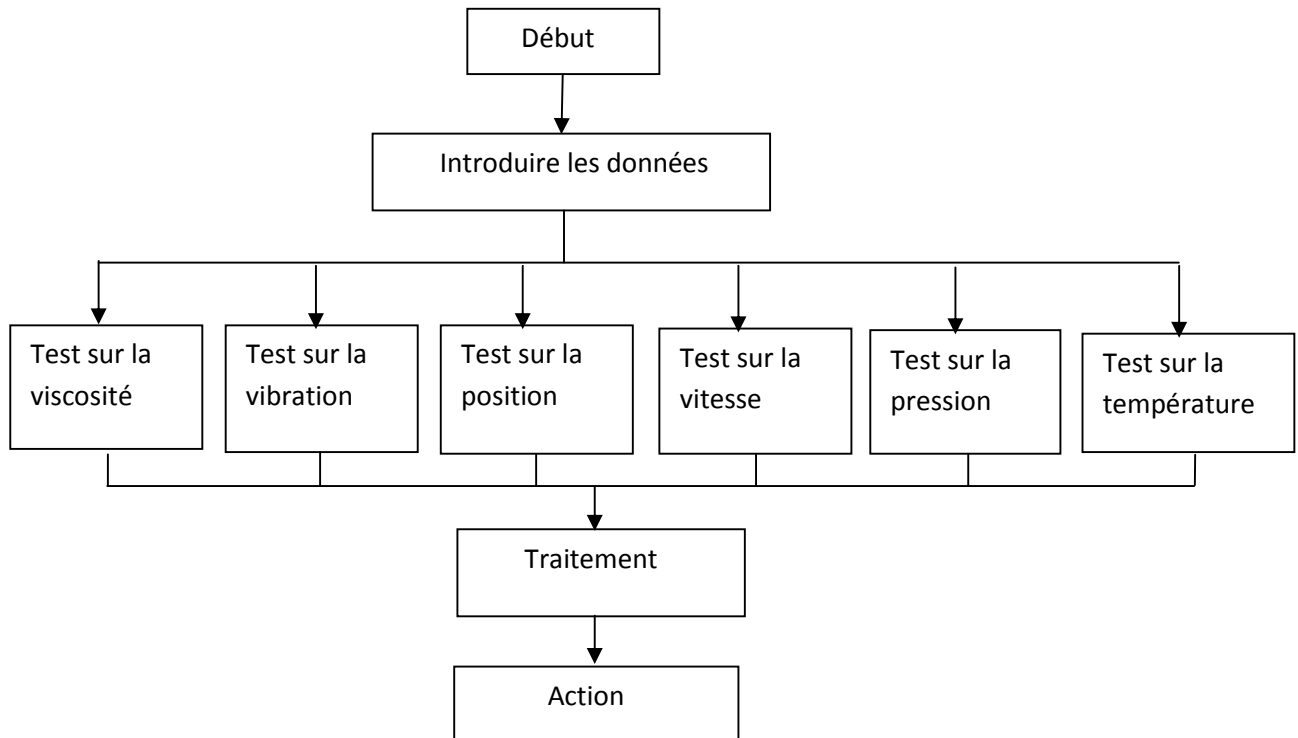


Figure III.14. Cas des paramètres indépendants

III.7.1.2.Cas des paramètres dépendants :

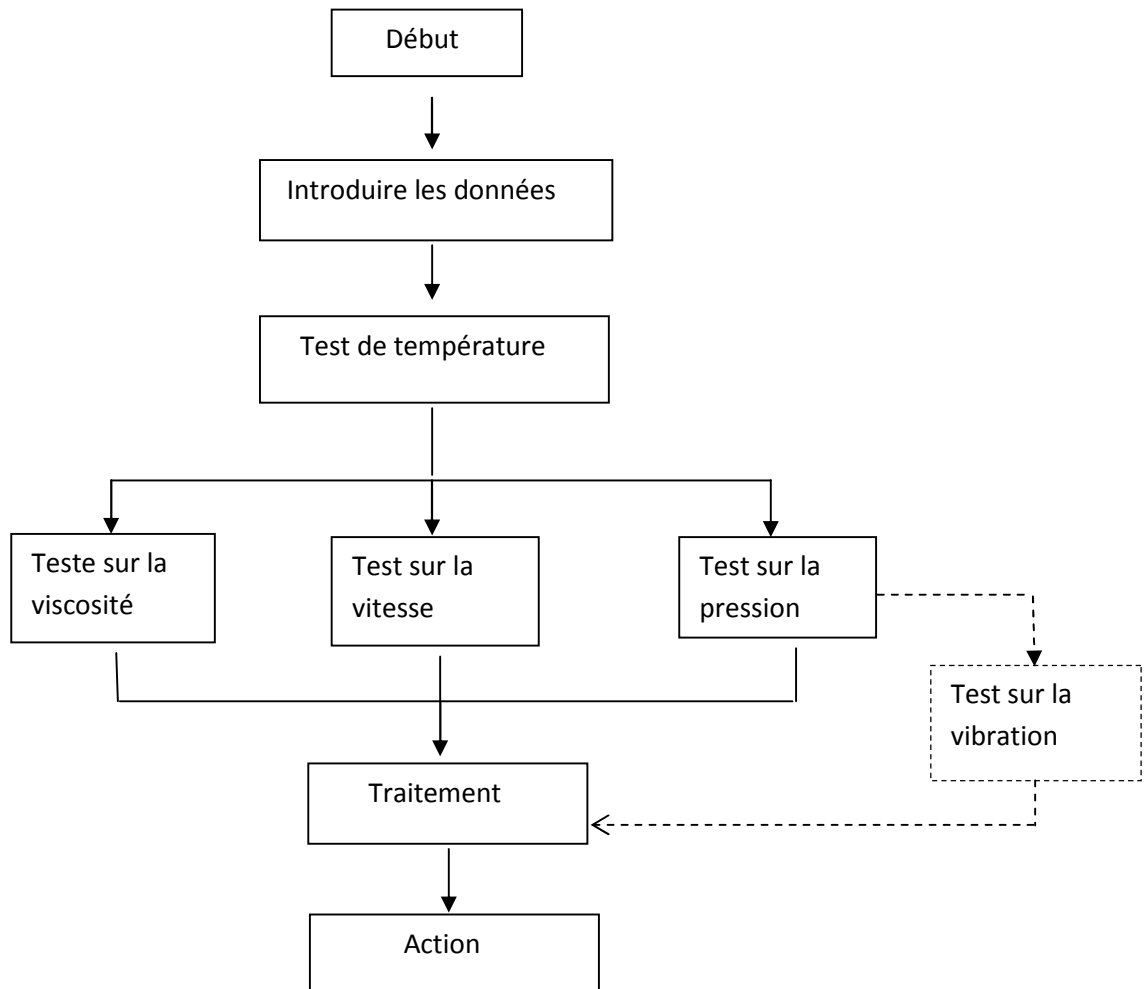


Figure. III.15. Cas des paramètres dépendants

III.7.1.3.Soubroutine de calcul:

Capteur de température : CT₁, CT₂

Si $T_1 > T_{1min}$ ou $T_1 < T_{1max}$ (III.1)

Calculer :

$$T = T_{réf} - T_{min} \text{ ou} \quad (III.2)$$

$$T = T_{max} - T_{réf}$$

Save T

Si non action

Capteur de pression : CP₁, CP₂

$$\text{Si } P_1 > P_{1\min} \quad \text{ou} \quad P_1 < P_{1\max} \quad (\text{III.3})$$

Calculer :

$$P = P_{\text{réf}} - P_{\min} \quad \text{ou} \quad (\text{III.4})$$

$$P = P_{\text{réf}} - P_{\max}$$

Save P

Si non action

Capteur de vitesse : CV_1, CV_2

$$\text{Si } V_1 > V_{1\min} \quad \text{ou} \quad V_1 < V_{1\max} \quad (\text{III.5})$$

Calculer :

$$V = V_{\text{réf}} - V_{\min} \quad \text{ou} \quad (\text{III.6})$$

$$V = V_{\max} - V_{\text{réf}}$$

Save V

Si non action

Capteur de position : $C\theta_1, C\theta_2$

$$\text{Si } \theta_1 > \theta_{1\min} \quad \text{ou} \quad \theta_1 < \theta_{1\max} \quad (\text{III.7})$$

Calculer :

$$\theta = \theta_{\text{réf}} - \theta_{\min} \quad \text{ou} \quad (\text{III.8})$$

$$\theta = \theta_{\max} - \theta_{\text{réf}}$$

Save θ

Si non action

Capteur de vibration : $C\omega_1, C\omega_2$

$$\text{Si } \omega_1 > \omega_{1\min} \quad \text{ou} \quad \omega_1 < \omega_{1\max} \quad (\text{III.9})$$

Calculer :

$$\omega = \omega_{\text{réf}} - \omega_{\min} \quad \text{ou} \quad (\text{III.10})$$

$$\omega = \omega_{\max} - \omega_{\text{réf}}$$

Save ω

Si non action

Capteur de viscosité : $C\eta_1, C\eta_2$

$$\text{Si} \quad \eta_j > \eta_{j\min} \text{ ou } \eta_j < \eta_{j\max} \quad (\text{III.11})$$

Calculer :

$$\eta = \eta_{\text{réf}} - \eta_{\min} \text{ ou} \quad (\text{III.12})$$

$$\eta = \eta_{\max} - \eta_{\text{réf}}$$

Save η

Si non action

III.7.1.4. Test des températures : CT1, CT2

A. T_1 et T_2 indépendantes :

$$\text{Si} \quad T_1 > T_{1\min} \text{ et } T_1 < T_{1\max} \quad (\text{III.13})$$

Calculer :

$$T = T_{\text{réf}} - T_1 \text{ et} \quad (\text{III.14})$$

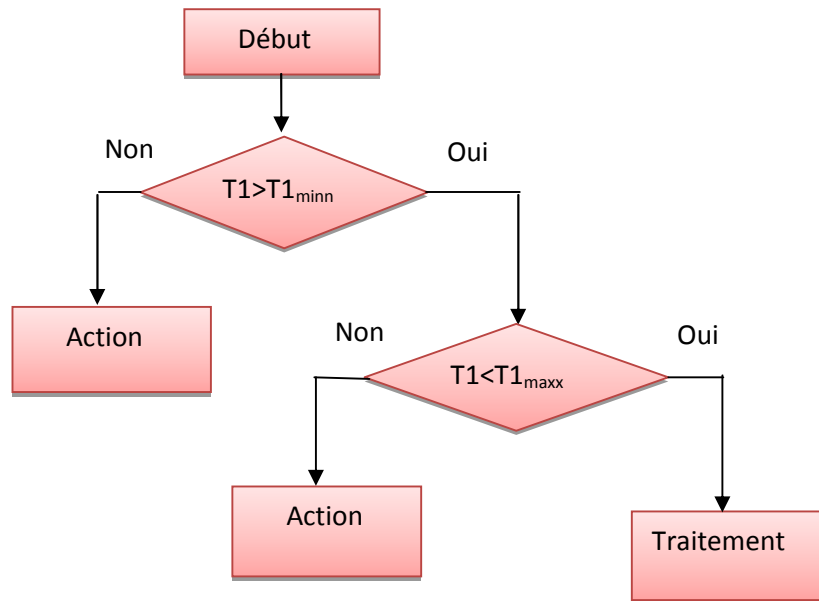
$$T = T_1 - T_{\text{réf}}$$

Save T_1

Les prélèvements sont faites chaque heure (1H)

$$\text{Calculer } T_{1\text{moy}} : \quad T_{1\text{moy}} = \sum \frac{T_{1i}}{N} \quad (\text{III.15})$$

Organigramme:



Pour la température T_2 :

Si $T_2 > T_{2min}$ et $T_2 < T_{2max}$ (III.16)

Calculer :

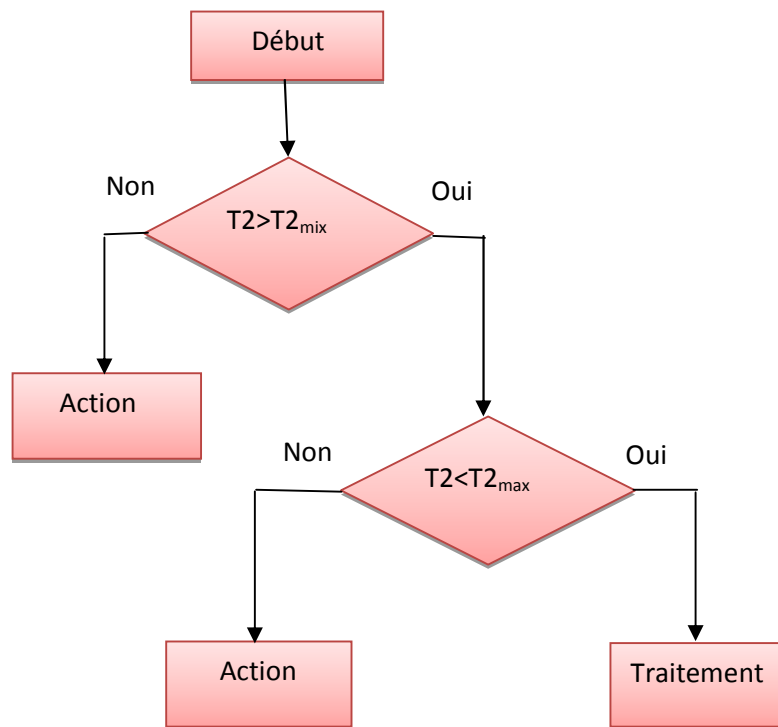
$$T = T_{réf} - T_2 \text{ et} \quad (III.17)$$

$$T = T_2 - T_{réf}$$

Save T_2

Calculer T_{2moy} : $T_{2moy} = \sum \frac{T_{2i}}{N}$ (III.18)

Organigramme :



B. T_1 et T_2 sont dépendants

Si $T_1 > T_{1min}$ et $T_2 > T_{2min}$ (III.19)

Calculer :

$$T = T_{réf} - T_1 \text{ et} \quad (III.20)$$

$$T = T_{réf} - T_2$$

Save T

Calculer T_{moy} : $T_{moy} = \sum \frac{T_i}{N}$ (III.21)

Si $T_1 < T_{1max}$ et $T_2 < T_{2max}$ (III.22)

Calculer :

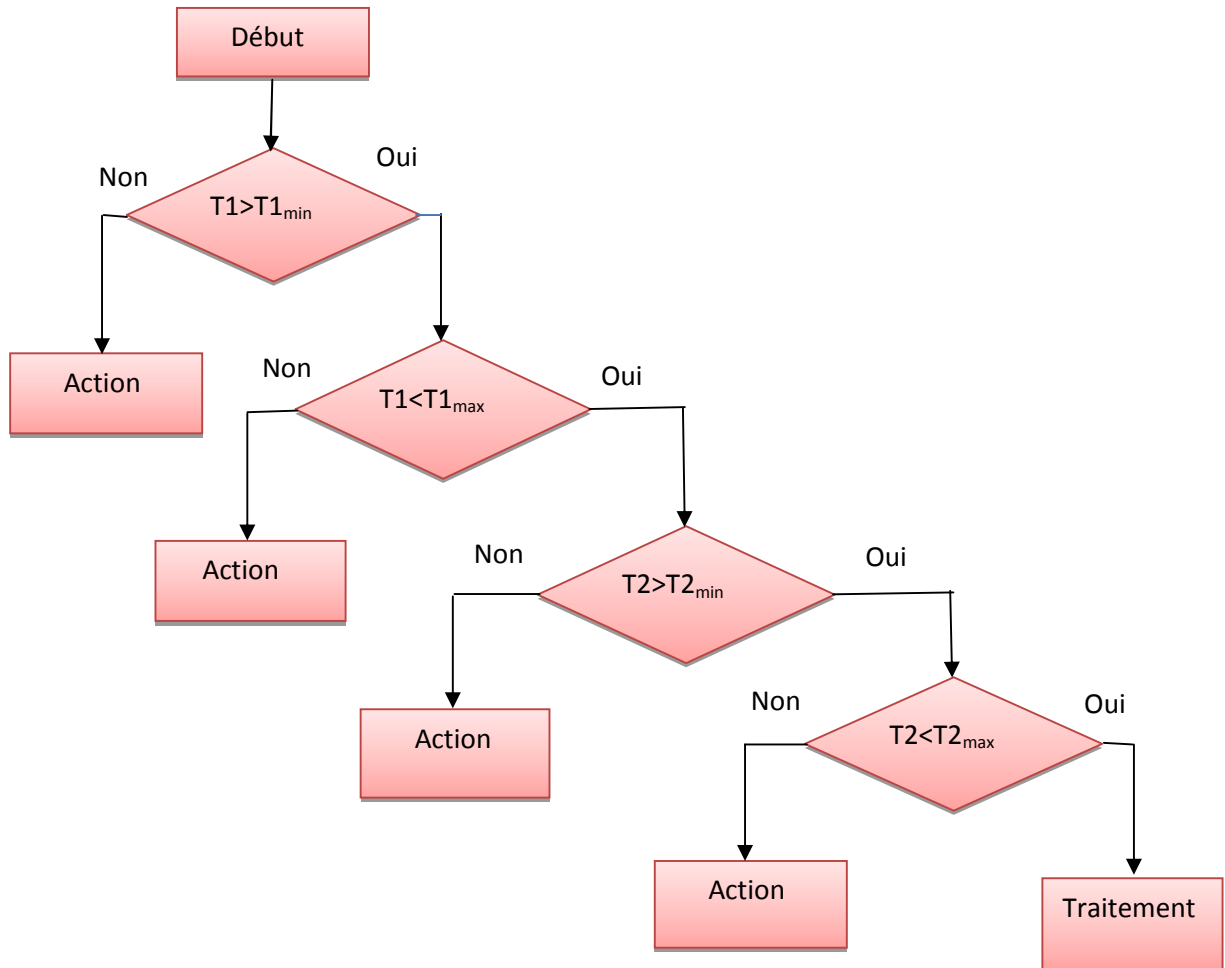
$$T = T_1 - T_{réf} \text{ et} \quad (III.23)$$

$$T = T_2 - T_{réf}$$

Save T

Calculer T_{moy} : $T_{moy} = \sum \frac{T_i}{N}$ (III.24)

Organigramme :



- Si T_1 dépendant de P_1 (si deux paramètres sont dépendants) :

Si $T_1 > T_{1min}$ et $T_1 < T_{1max}$ (III.25)

$P_1 > P_{1min}$ et $P_1 < P_{1max}$

Calculer :

$T = T_{réf} - T_1$ et (III.26)

$T = T_1 - T_{réf}$

Save T

Calculer T_{moy} :
$$T_{\text{moy}} = \sum \frac{T_i}{N} \quad (\text{III.27})$$

Calculer :

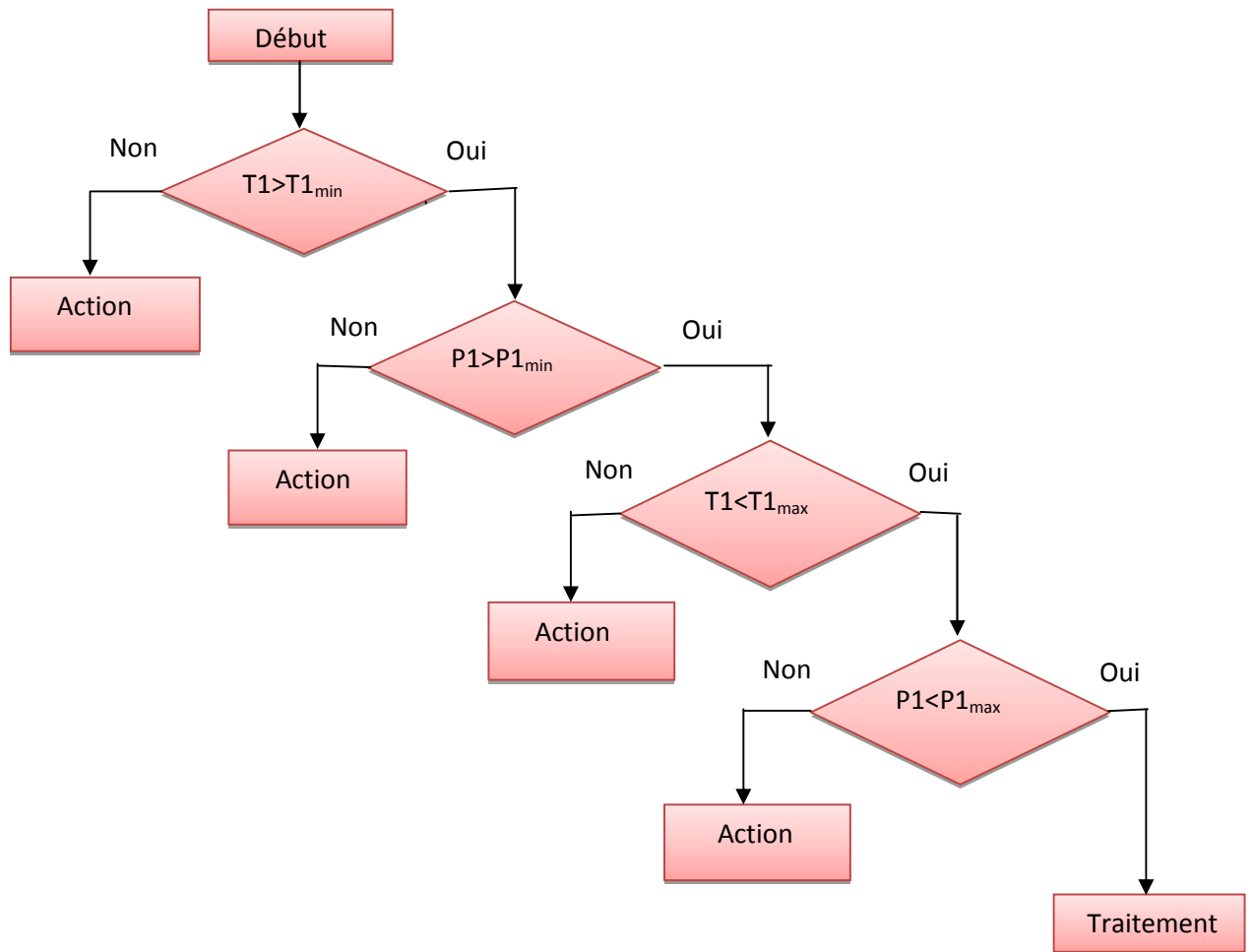
$$P = P_{\text{réf}} - P_1 \text{ et} \quad (\text{III.28})$$

$$P = P_1 - P_{\text{réf}}$$

Save P

Calculer P_{moy} =
$$P_{\text{moy}} = \sum \frac{P_i}{N} \quad (\text{III.29})$$

Organigramme :



- Si T_1 dépendante de P_1 dépendante de ω_1 (si trois paramètres sont dépendantes) :

Si $T_1 > T_{1min}$ et $T_1 < T_{1max}$ (III.30)

$P_1 > P_{1min}$ et $P_1 < P_{1max}$

$\omega_1 > \omega_{1min}$ et $\omega_1 < \omega_{1max}$

Calculer :

$T = T_{réf} - T_1$ et (III.31)

$T = T_1 - T_{réf}$

Save T

Calculer T_{moy} :
$$T_{\text{moy}} = \sum \frac{T_i}{N} \quad (\text{III.32})$$

Calculer :

$$P = P_{\text{réf}} - P_1 \text{ et} \quad (\text{III.33})$$

$$P = P_1 - P_{\text{réf}}$$

Save P

Calculer P_{moy} :
$$P_{\text{moy}} = \sum \frac{P_i}{N} \quad (\text{III.34})$$

Calculer :

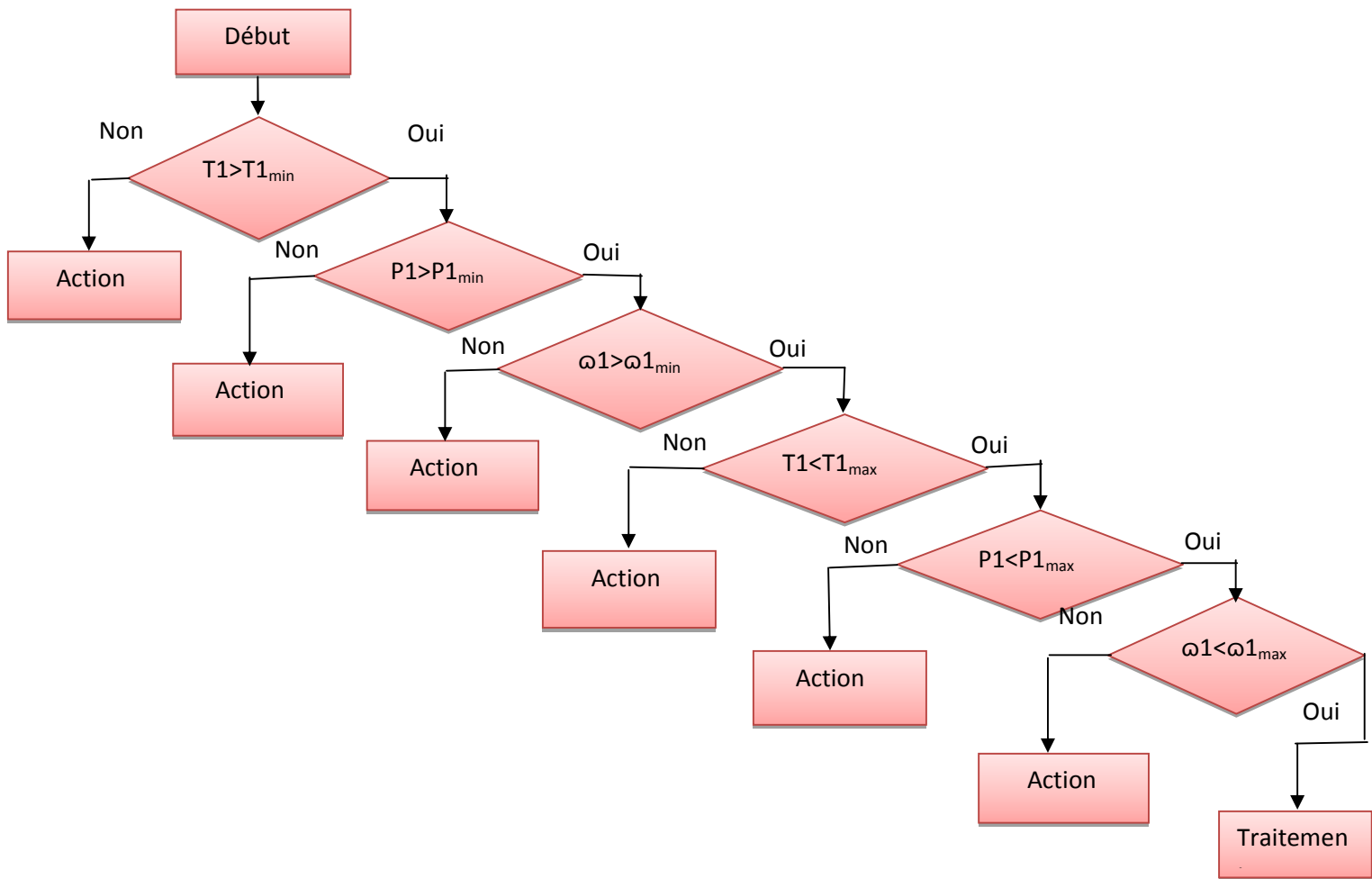
$$\omega = \omega_{\text{réf}} - \omega_1 \text{ et} \quad (\text{III.35})$$

$$\omega = \omega_1 - \omega_{\text{réf}}$$

Save ω

Calculer ω_{moy} :
$$\omega_{\text{moy}} = \sum \frac{\omega_i}{N} \quad (\text{III.36})$$

Organigramme :



- Si T_1 dépendante de p_1 dépendante de v_1 (si trois paramètres Sont dépendantes) :

Si $T_1 > T_{1min}$ et $T_1 < T_{1max}$ (III.37)

$P_1 > P_{1min}$ et $P_1 < P_{1max}$

$V_1 > V_{1min}$ et $V_1 < V_{1max}$

Calculer :

$T = T_{réf} - T_1$ et (III.38)

$T = T_1 - T_{réf}$

Save T

Calculer T_{moy} :
$$T_{\text{moy}} = \sum \frac{T_i}{N} \quad (\text{III.39})$$

Calculer :

$$P = P_{\text{réf}} - P_1 \text{ et} \quad (\text{III.40})$$

$$P = P_1 - P_{\text{réf}}$$

Save P

Calculer P_{moy} :
$$P_{\text{moy}} = \sum \frac{P_i}{N} \quad (\text{III.41})$$

Calculer :

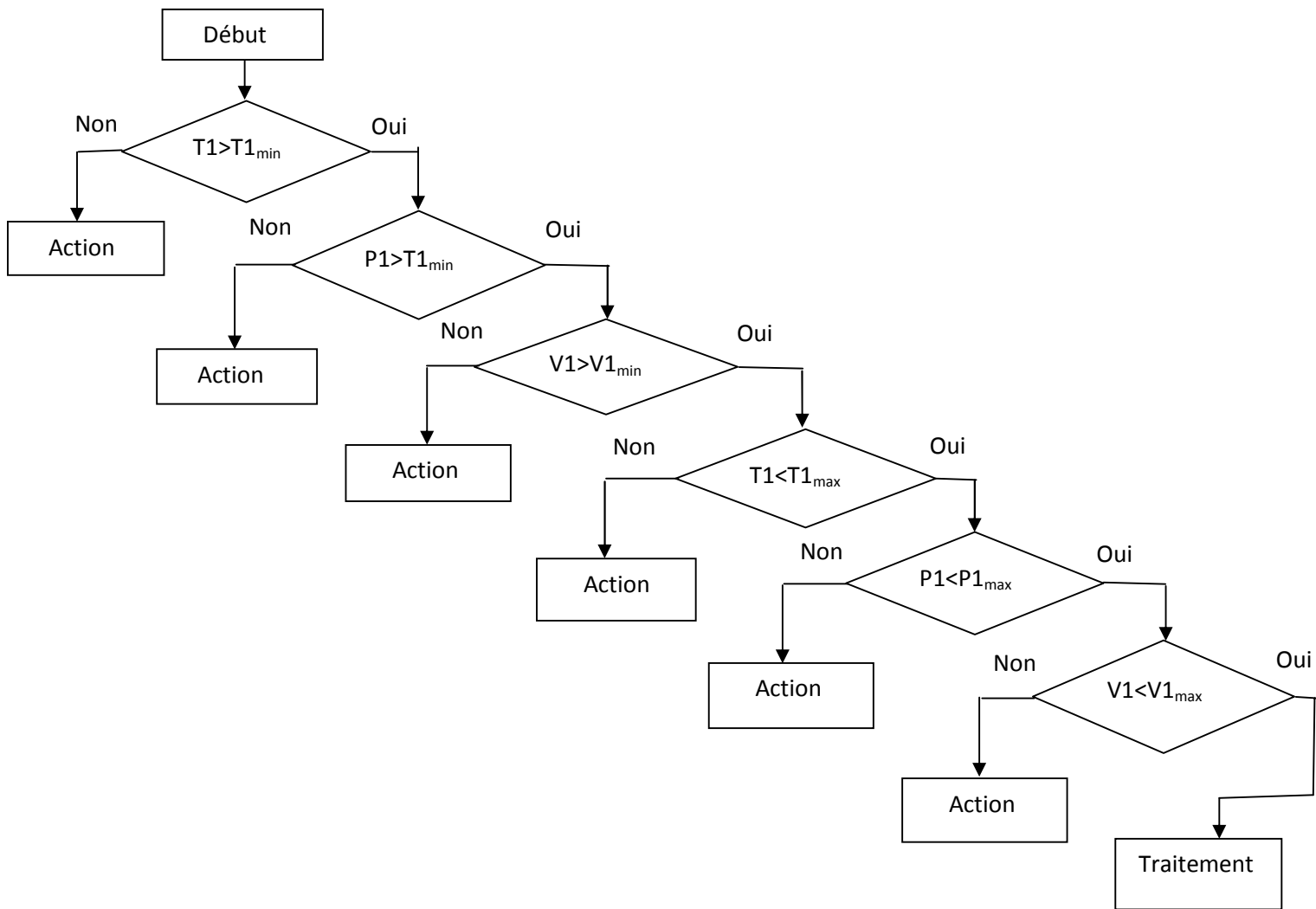
$$V = V_{\text{réf}} - V_1 \text{ et} \quad (\text{III.42})$$

$$V = V_1 - V_{\text{réf}}$$

Save V

Calculer V_{moy} :
$$V_{\text{moy}} = \sum \frac{V_i}{N} \quad (\text{III.43})$$

Organigramme :



- Si T_1 dépendante de ω_1 dépendante de Θ_1 (si trois paramètres sont dépendantes) :

Si $T_1 > T_{1min}$ et $T_1 < T_{1max}$ (III.44)

$$\omega_1 > \omega_{1min} \text{ et } \omega_1 < \omega_{1max}$$

$$\Theta_1 > \Theta_{1min} \text{ et } \Theta_1 < \Theta_{1max}$$

Calculer

$$T = T_{réf} - T_1 \text{ et } \quad (III.45)$$

$$T = T_1 - T_{réf}$$

Save T

Calculer T_{moy} : $T_{moy} = \sum \frac{T_i}{N}$ (III.46)

Calculer :

$$\omega = \omega_{\text{réf}} - \omega_1 \text{ et} \quad (\text{III.47})$$

$$\omega = \omega_1 - \omega_{\text{réf}}$$

Save ω

Calculer ω_{moy} :

$$\omega_{\text{moy}} = \sum \frac{\omega^i}{N} \quad (\text{III.48})$$

Calculer

$$\Theta = \Theta_{\text{réf}} - \Theta_1 \text{ et} \quad (\text{III.49})$$

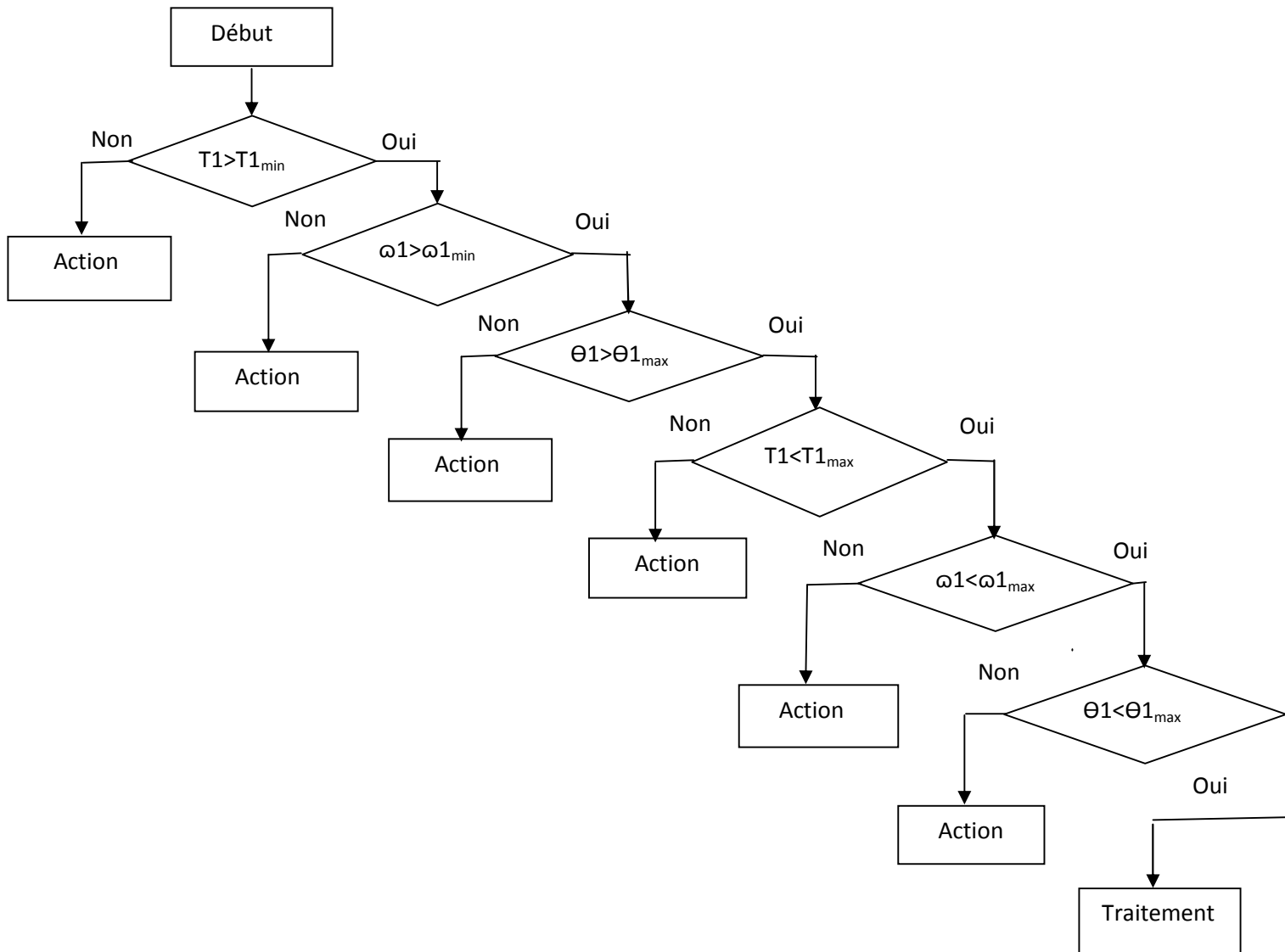
$$\Theta = \Theta_1 - \Theta_{\text{réf}}$$

Save Θ

Calculer Θ_{moy} :

$$\Theta_{\text{moy}} = \sum \frac{\Theta^i}{N} \quad (\text{III.50})$$

Organigramme :



- Si V_1 dépendante de θ_1 dépendante de ω_1 (si trois paramètres sont dépendants) :

Si $V_1 > V_{1min}$ et $V_1 < V_{1max}$ (III.51)

$\theta_1 > \theta_{1min}$ et $\theta_1 < \theta_{1max}$

$\omega_1 > \omega_{1min}$ et $\omega_1 < \omega_{1max}$

Calculer

$V = V_{réf} - V_1$ et (III.52)

$V = V_1 - V_{réf}$

Save V

Calculer V_{moy} :
$$V_{\text{moy}} = \sum \frac{V_i}{N} \quad (\text{III.53})$$

Calculer

$$\Theta = \Theta_{\text{réf}} - \Theta_1 \text{ et} \quad (\text{III.54})$$

$$\Theta = \Theta_1 - \Theta_{\text{réf}}$$

Save Θ

Calculer Θ_{moy} :
$$\Theta_{\text{moy}} = \sum \frac{\Theta_i}{N} \quad (\text{III.55})$$

Calculer

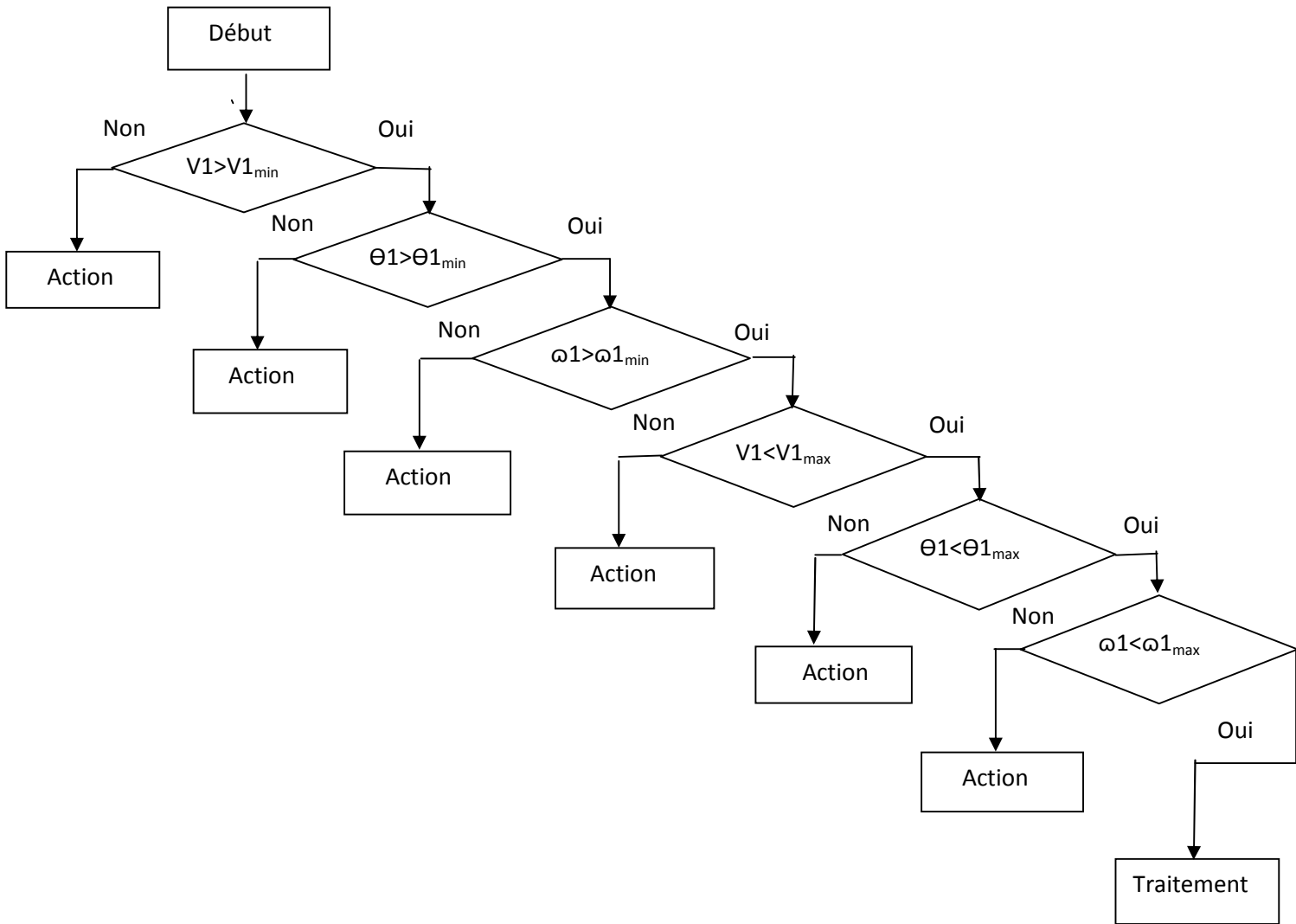
$$\omega = \omega_{\text{réf}} - \omega_1 \text{ et} \quad (\text{III.56})$$

$$\omega = \omega_1 - \omega_{\text{réf}}$$

Save ω

Calculer ω_{moy} :
$$\omega_{\text{moy}} = \sum \frac{\omega_i}{N} \quad (\text{III.57})$$

Organigramme :



- Si T_1 dépendante de η_J (si deux paramètres sont dépendantes) :

Si $T_1 > T_{1min}$ et $T_1 < T_{1max}$ (III.58)

$\eta_J > \eta_{Jmin}$ et $\eta_J < \eta_{Jmax}$

Calculer

$T = T_{réf} - T_1$ et (III.59)

$T = T_1 - T_{réf}$

Save T

Calculer T_{moy} :
$$T_{moy} = \sum \frac{T_i}{N} \quad (III.60)$$

Calculer

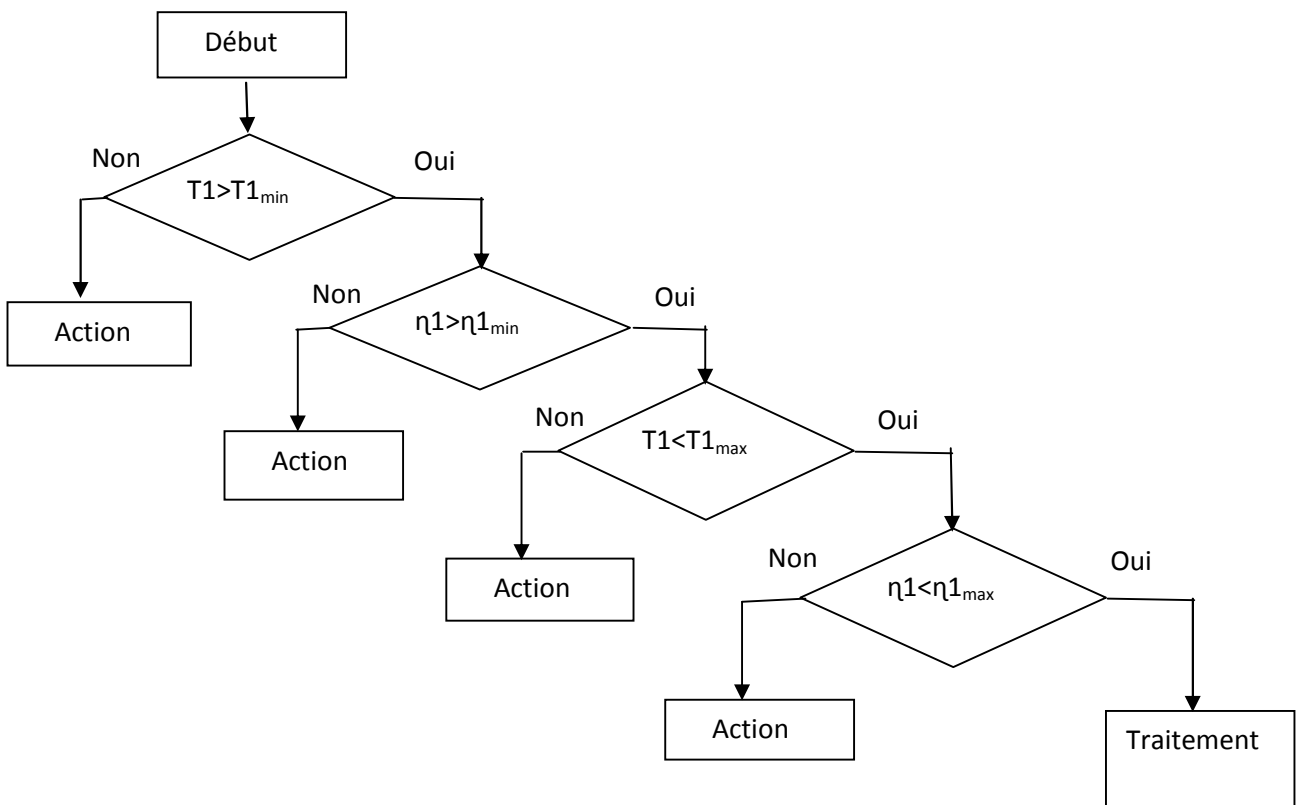
$$\eta = \eta_{réf} - \eta_l \quad \text{et} \quad (III.61)$$

$$\eta_l = \eta_l - \eta_{réf}$$

Save η

Calculer η_{moy} :
$$\eta_{moy} = \sum \frac{\eta^i}{N} \quad (III.62)$$

Organigramme :



- Si T_1 dépendante de P_1 dépendante de η_l (si trois paramètres sont dépendantes) :

Si
$$T_1 > T_{1min} \text{ et } T_1 < T_{1max} \quad (III.63)$$

$$P_1 > P_{1min} \text{ et } P_1 < P_{1max}$$

$$\eta_l > \eta_{lmin} \text{ et } \eta_l < \eta_{lmax}$$

Calculer

$$T = T_{\text{réf}} - T_1 \text{ et} \quad (\text{III.64})$$

$$T = T_1 - T_{\text{réf}}$$

Save T

Calculer T_{moy} :

$$T_{\text{moy}} = \sum \frac{T_i}{N} \quad (\text{III.65})$$

Calculer

$$P = P_{\text{réf}} - P_1 \text{ et} \quad (\text{III.66})$$

$$P = P_1 - P_{\text{réf}}$$

Save P

Calculer P_{moy} :

$$P_{\text{moy}} = \sum \frac{P_i}{N} \quad (\text{III.67})$$

Calculer

$$\eta_l = \eta_{\text{réf}} - \eta_1 \text{ et} \quad (\text{III.68})$$

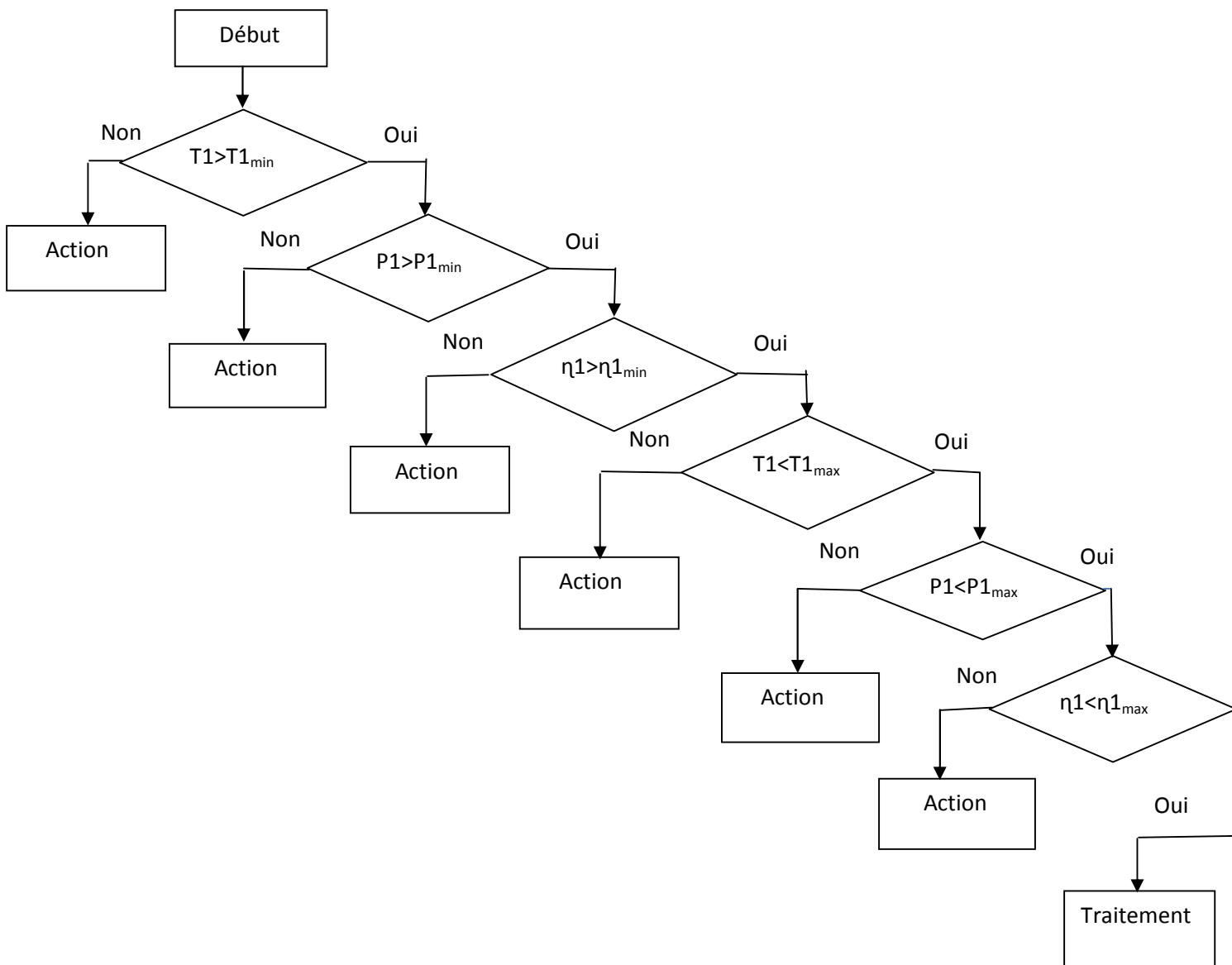
$$\eta_l = \eta_1 - \eta_{\text{réf}}$$

Save η

Calculer η_{moy} :

$$\eta_{\text{moy}} = \sum \frac{\eta_i}{N} \quad (\text{III.69})$$

Organigramme :



- Si P_1 dépendante de V_1 dépendante de η_1 (si trois paramètres sont dépendants) :

Si $P_1 > P_{1min}$ et $P_1 < P_{1max}$ (III.70)

$V_1 > V_{1min}$ et $V_1 < V_{1max}$

$\eta_1 > \eta_{1min}$ et $\eta_1 < \eta_{1max}$

Calculer

$P = P_{réf} - P_1$ et (III.71)

$P = P_1 - P_{réf}$

Save P

Calculer P_{moy} :
$$P_{\text{moy}} = \sum \frac{P_i}{N} \quad (\text{III.72})$$

Calculer

$$V = V_{\text{réf}} - V_1 \text{ et} \quad (\text{III.73})$$

$$V = V_1 - V_{\text{réf}}$$

Save V

Calculer V_{moy} :
$$V_{\text{moy}} = \sum \frac{V_i}{N} \quad (\text{III.74})$$

Calculer

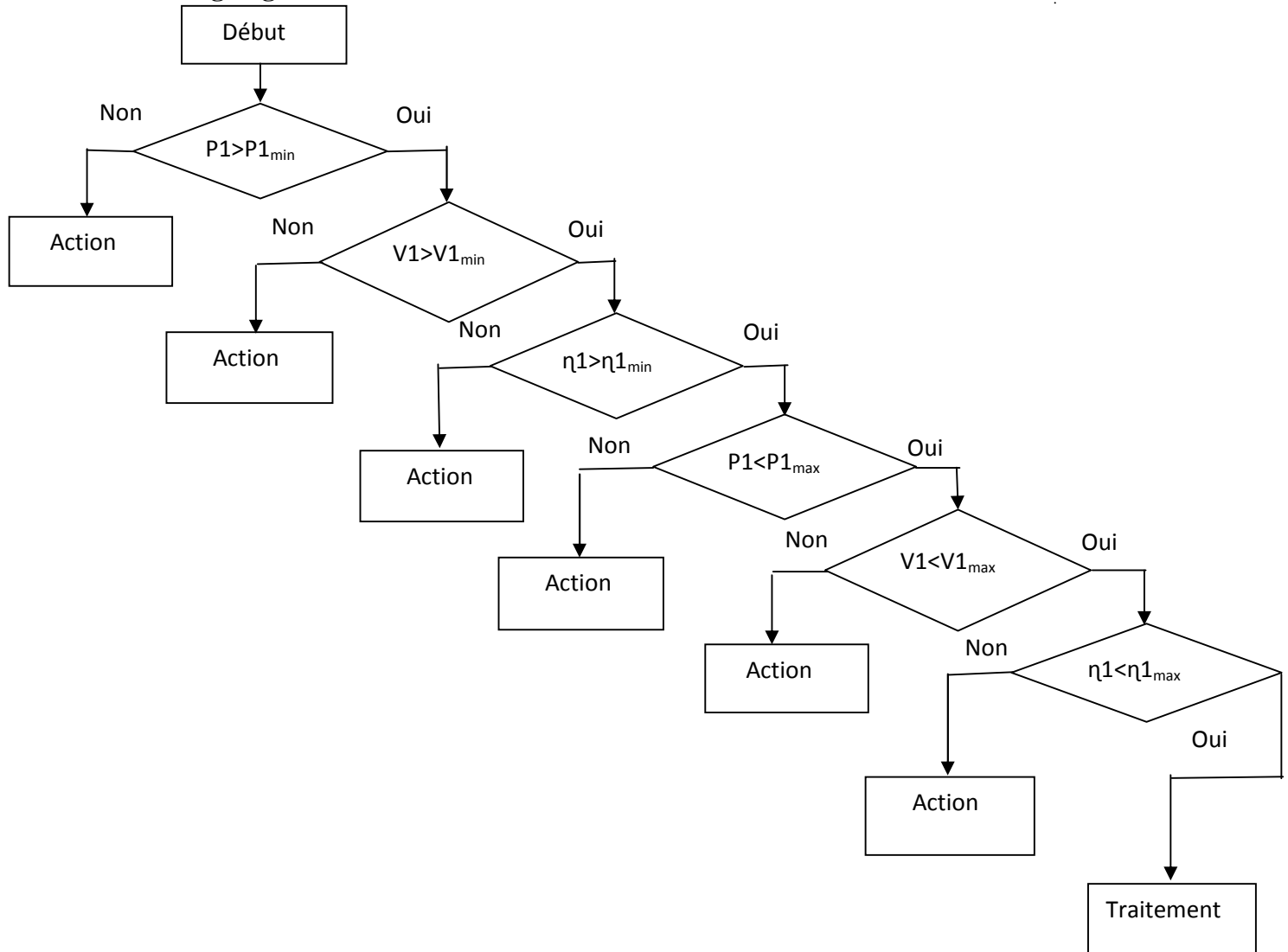
$$\eta = \eta_{\text{réf}} - \eta_1 \text{ et} \quad (\text{III.75})$$

$$\eta = \eta_1 - \eta_{\text{réf}}$$

Save η

Calculer η_{moy} :
$$\eta_{\text{moy}} = \sum \frac{\eta_i}{N} \quad (\text{III.76})$$

Organigramme :



Comme, les mesures sont réalisées en fonction du temps pour chaque paramètre. Nous avons donc des séries chronologiques.

Une série chronologique est la réalisation d'un processus aléatoire indicé par le temps, noté $\{X_t\}$. Pour chaque t , X_t est une variable aléatoire dont on a une réalisation, x_t .

L'étude de la série peut avoir les objectifs suivants non exclusifs :

- Comprendre le passé : explique les variations observées
- Prédire les valeurs futures (proches)
- Étudier le lien avec d'autres séries.

Les données lues pour le temps, la pression, la température, la vitesse, la vibration, la position, la viscosité, sont fonction du temps donc il s'agit de séries temporelles.

L'analyse de ces séries permis de prédire les valeurs futures.

Pour plusieurs paramètres, nous pouvons calculer les tendances et les différentes composantes de la série Chronologique liée ou paramètre physique mesuré.

Les informations tirées de ces résultats venant de l'analyse de la série sont directement utilisées dans la prédiction des pannes d'un système et par conséquent la programmation des interventions préventives.

Conclusion Générale

L'objectif principal de ce travail est l'élaboration d'une carte d'acquisition de données pour un certain nombre de paramètres physiques influençant le fonctionnement d'une installation industrielle.

Nous avons repartis ce travail en trois chapitres.

Dans le premier chapitre nous avons cité les principes et les principales techniques de maintenance ou nous avons donné plus d'importance à l'analyse de la fiabilité des systèmes ainsi que les indicateurs et les paramètres utilisés dans ce domaine.

Le deuxième chapitre a été consacré aux capteurs industriels ou nous avons donné les différents types de capteurs et leurs principes de fonctionnement.

Le troisième chapitre se penche sur la présentation des interfaces et les chaînes d'acquisitions de données d'une part et de l'autre part sur l'élaboration d'un cahier de charge et de sa traduction en un algorithme et l'écriture des procédures pour l'implémentation et la mise en œuvre de la carte de contrôle.

Les paramètres les plus importants et qui nécessitent un contrôle permanent sont:

- La température,
- La pression.
- Les vibrations.
- La position.
- La vitesse.
- La viscosité etc...

Le contrôle et la mesure de l'évolution des paramètres cités en fonction du temps est d'importance capital pour la programmation et la prédiction des interventions de maintenance.

Le système conçu doit assurer des prélèvements de valeurs des paramètres considérés. Pour chaque paramètre nous avons une valeur nominale pour un fonctionnement normale et optimale X_{ref} . Un décalage autour de cette valeur est toléré. Ce décalage est fixé pour chaque paramètre X_{min} et X_{max} (plage de sécurité). Les valeurs mesurées pour chaque paramètre sont comparées à la valeur de référence pour provoquer une action donnée. Un calcul des valeurs moyennes et la sauvegarde de ces valeurs est réalisé.

Les prélèvements se font en fonction du temps d'où la formation de séries chronologiques.

Ces séries chronologiques représentant un model statistique sont analysées et utilisées pour prédire des valeurs futures et donc la programmation des interventions préventives sur les installations industrielles.

Références Bibliographiques

REFERANCES BIBLIGRAPHIUES

- [1] : AFNOR, 2002a, Norme FD X 60-000 Maintenance industriel, Fonction maintenance, AFNOR, paris.
- [2] : VILLEMEUR, 1988, Sureté de fonctionnement des systèmes industriels, Eyrolles, paris.
- [3] : Taleb Mounia, THESE, Docteur en sciences, surveillance, détection et diagnostic des défaillances dans une cimenterie en utilisant L'analyse fonctionnelle, Université du 20 Aout 1955 Skikda, page (5)
- [4] : MONCHY, 2003, Maintenance Méthodes et organisations, série gestion industrielle, Dunod , paris
- [5] : GRUSENMEYER, 2005a, Les accidents du travail liés à la maintenance, importance et caractérisation, Cahiers de notes documentaires, 4^{ème} trim 2005, INRS, paris.
- [6] : DE GROOTE, 1993, Maintenance : au cœur de l'activité industrielle. Dossier maintenance. Industrialsystems.
- [7] : DRISS BOUAMI, le Grand Livre De La Maintenance, Concepts, démarches, méthodes, Outils et techniques, page (7,8)
- [8] : RAZAFINDRAZATO, 2010, Méthodes numériques pour la caractérisation vibratoire de structures complexes, Thèse de doctorat en Science de l'ingénieur, université paris Est Créteil.
- [9] : Cours de stratégie de maintenance, ENIET-CAMEROUN, conforme au programme du niveau 1;2 et 3, page (7)
- [10] : MONCHY, 2000, Maintenance Méthodes est organisations, série gestion industrielle, Dunod, paris.
- [11] : NF-EN-13306-X-60-319. Terminologie de la maintenance. Norme AFNOR,2001.
- [12] : Anthony Kelly, Maintenance and the industrielorganisation. Plant Maintenance Management Set 2006;3(1) : 3-8.
- [13] : ANTER LEBIDI, « Développement de la production d'un système électromécanique par une proposition d'une politique de maintenance efficace » Mémoire de master en génie électrique, université de M'sila, 2014
- [14] : DRISS BOUAMI, Le Grande Livre De La Maintenance, concepts, démarches, méthodes, outils et techniques, page (9)
- [15] : Devarun Ghosh, Sandip Roy, Maintenance optimization using probabilistic costbenefit analysis, journal of Loss prevention in the process industries 2009; 22(4) :403-407.
- [16] : Djamel HALIMI, Thèse de doctorat, Contribution à l'amélioration de la maintenance préventive des machines dynamiques dans l'industrie des hydrocarbures, UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES
- [17] : Blog de la sociétéclearsy. Présentation de la sureté de fonctionnement et ses enjeux.
- [18] : SCTRICK, 2004, La prévention des risques professionnels.
- [19] : BELLUT, 2011, Règles qualitatives générales en sureté de fonctionnement des systèmes MAR-III-10-73
- [20] : Cours télécharger, <http://www.commentcamarchre.org>

- [21] : NICOLAS TERRIER, « La maintenance », domaine universitaire 38041 grenoble cedex 9 année 2002.
Performances opérationnelles des machines industrielles » Mémoire de magister, université de Constantine 2008
- [23] : Jean .B « la TPM : un système de production » Technologie (SCEREN- CNDP) – Revue Française de gestion industrielle, paris, avril 2008.
- [24] : BELOUADAH ABDENACEUR, DIPLÔME DE MASTER, Amélioration de la fiabilité d'un système électromécanique par l'utilisation des opérations de la maintenance préventive, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF DE M'SILA
- [25] : Aghezzaf E.H, Jamali, M.A. ait-kadi D, An integrated production and préventive maintenance planning model. European journal of opérationalResearche 2007; 18(1.2); 679-685.
- [26] : MENYE, 2009, Validation de la maintenabilité et la disponibilité en conception d'un système multi-composants, thèse (PH D) canada et France.
- [27] : Vérot, Y, 1998, Maitrise du risque dans l'industrie chimique et pétrochimique : retour d'expérience. In Bourdeaux, I. Gilbert, C. (eds).
- [28] : Vassiliadis C.G, Arvel J , Pisitokopoulos E.N., Papageorgiou L.G., planning and maintenance optimization for multipurpose plants. Computer Aidedchemical Engineering 2000; 8(1): 1105-1110.
- [29] : S. Poujouly IUT CACHAN / Module2-capteurs : Capteurs – présentation
- [30] : Salah GHANEM, diplôme de Doctorat, Élaboration et caractérisation des matériaux en couches minces d'oxydes de zinc pour applications capteurs, UNIVERSITE FRERES MENTOURI, COSTANTINE
- [31] : <http://www.cnam.fr/phisique//PHR103/capteur20%industriels20%devibration>
- [32] : MOUSSOUNI MOHAMED AKLI, Mémoire De Magister, Etude d'un capteur de gaz à bas de TCO : cas du SNO₂ obtenu par APCVD, UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI TIZI-OUZOU.
- [33] : Georges Asch, Bernard Poussery, LES CAPTEURS EN INSTRUMENTATION INDUSTRIELLE, préface de Marc Desjardins, ancien président du comité « capteur » au ministère de la recherche et de l'industrie, DUNOD.
- [34] : Georges Hasch, Les capteurs en instrumentation industrielle.
- [35] : AHLEM ZOUAOUI, ZOHIER BENTOUT, diplôme de Master, Detecteur de présence capacitif, UNIVERSITE ABOUBAKR BELKAID-TLEMCEN-
- [36] : Isabelle Zdanevitch, Veille technologique capteurs de gaz intelligent, Université de Batna (2007).
- [37] : C. Marlot. Elaboration de céramiques transparentes Er YAG : synthèse de poudre par co-précipitation et frittage SPS. Université de Bourgogne, Thèse soutenue le 12 mars 2013
- [38] : Bertrand. M « conception, réalisation et mise en œuvre d'une plateforme d'instrumentation thermique par des applications micro fluidique » thèse de doctorat université de Toulouse III- paulsabtier, 2009
- [39] : Olivier LEGENDRE, Thèse De Doctorat, Conception et réalisation d'un capteur MEMS Multifonctions, UNIVERSITE PARIS-SUD
- [40] : CHIEMENTIN Xavier thèse de doctorat en mécanique «Localisation et quantification des sources vibratoires dans le cadre d'une maintenance préventive

conditionnelle en vue de fiabiliser le diagnostic et le suivi de l'endommagement des composants mécaniques tournants : application aux roulements à billes » octobre 2007.

[41] : Nabti Mohamed Tahar, MAGISTER, Etude de l'évolution des indicateurs spectraux et cepstraux dans la détection des défauts mécaniques, UNIVERSITE FERHAT ABBAS-SETIF

[42] : Alain Boulenger, Christiane pachaud « Analyse vibratoire en maintenance ».

[43] : H. BUYSE, capteurs de position et de déplacement, UNIVERSITE CATHOLIQUE DE LOUVAIN

[44] : <https://forums.futura-sciences.com>

[45] : <https://factoryfuture.fr>

[46] : Asch et collaborateurs, Acquisition de données, du capteur à l'ordinateur. Edition dunod

[47] : <http://hebergement.u-psud.fr/projetsdephysiquestatistique>

[48] : Livre de traitement des signaux et acquisition de données, présentée par Francis Cottet, 4^e édition, DUNOD

Résumé

L'objectif de ce mémoire est le suivi en temps réel de l'évolution des grandeurs en fonction du temps afin de les maintenir ou voisinage des valeurs nominales.

Le principe de fonctionnement et suivant :

L'acquisition de données qui consiste à obtenir les différentes grandeurs physiques mises en jeu un système, bon fonctionnement du système en vue d'assurer la qualité des produits fabriqués, la technique d'acquisition évolue avec les progrès réalisés dans le domaine industriel

Mots clés: d'acquisition de données, capteurs, grandeurs physiques.

الملخص

الهدف من هذه الأطروحة هو المراقبة في الوقت الحقيقي لتطور الكميات كدالة للوقت من أجل الحفاظ عليها عند القيم الاسمية أو بالقرب منها. مبدأ التشغيل وما يلي: الحصول على البيانات الذي يتكون من الحصول على الكميات المادية المختلفة المشاركة في النظام، حسن سير النظام من أجل ضمان جودة المنتجات المصنعة، تطور تقنية الاستحواذ مع التقدم المحرز في المجال الصناعي.

الكلمات المفتاحية: الحصول على البيانات ، الحساسات ، الكميات الفيزيائية.

Abstract

The objective of this thesis is the real-time observation of the evolution of quantities as a function of time in order to keep them at or near their nominal values. The principle of operation is the following: Data acquisition which consists of obtaining the various physical quantities involved in the system. Proper functioning of the system in order to ensure the quality of manufactured products .The development of acquisition technology with advances in the industrial field

Keywords: data acquisition, sensors, physical quantities.