

I.1. INTRODUCTION

Le monde industriel et le monde des transports disposent de machine et d'installation de plus en plus performantes et complexes. Les exigences de haute sécurité, la réduction des coûts d'exploitation et la maîtrise de la disponibilité des équipements donnent à la maintenance des systèmes, un rôle prépondérant. Elle doit permettre de n'intervenir qu'en présence d'éléments défectueux, de minimiser le temps de réparation, et de fournir un diagnostic fiable et facilement interprétable malgré la complexité des équipements.

Nous nous intéressons principalement aux transmissions des puissances mécaniques utilisées dans différents domaines tel que l'industrie: l'aéronautique, l'automobile et les transports ferroviaires. La maintenance de ces systèmes de transmission occupe un temps relativement important par rapport à leur temps d'utilisation, actuellement la recherche scientifique vise à développer les outils nécessaires à l'optimisation de la maintenance de tels systèmes.

I.2. MAINTENANCE

I.2.1 Définition de la maintenance.

Selon la norme NF-X60-010 « *la maintenance est définie comme étant un ensemble d'activités destinées à maintenir ou rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement pour accomplir une fonction requise* » [1].

Le terme de maintenance désigne l'ensemble des techniques d'entretien et de la vérification qui sont en œuvre pour permettre une utilisation optimale des machines dans une installation industrielle

On distingue deux types de maintenance (figure I.1) :

I.2.2 Maintenance corrective

La maintenance corrective regroupe l'ensemble des activités réalisées après la défaillance d'un bien, pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement [1].

I.2.2.1. Maintenance curative

La maintenance curative regroupe les activités de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise.

I.2.2.2.Maintenance palliative

La maintenance palliative regroupe les activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise.

I.2.3 Maintenance préventive

Maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un service rendu. Elle doit permettre d'éviter les défaillances des matériels en cours d'utilisation.

I.2.3.1.Maintenance systématique

Maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi en fonction du temps ou du nombre d'unités d'usage

Elle comprend les inspections périodiques et les interventions planifiées suivant un calendrier pour assurer le fonctionnement continu des équipements.

I.2.3.2.Maintenance conditionnelle

Maintenance préventive subordonnée à un type d'évènement prédéterminé révélateur de l'état de dégradation d'un bien.

Réalisée à la suite de relevés, de mesures, de contrôles révélateurs de l'état de dégradation de l'équipement. Elle rend plus efficace la détection des défauts, permet d'améliorer la disponibilité par la planification des opérations.

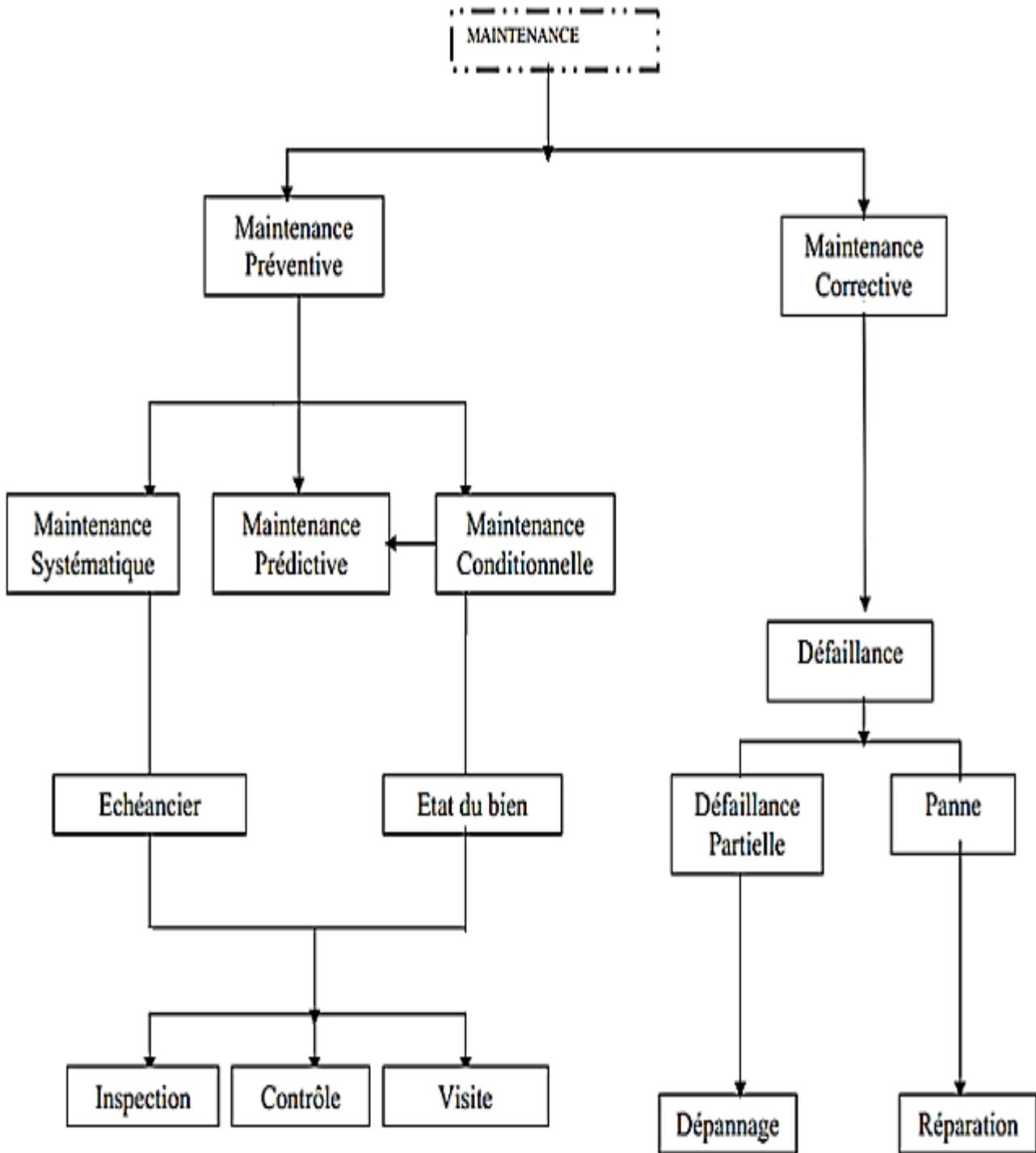


Figure I.1 : représentation synthétique de la maintenance

I.2.4 Organisation de la maintenance conditionnelle:

On définit l'organisation de la maintenance conditionnelle par l'organigramme suivant (figure I.2):

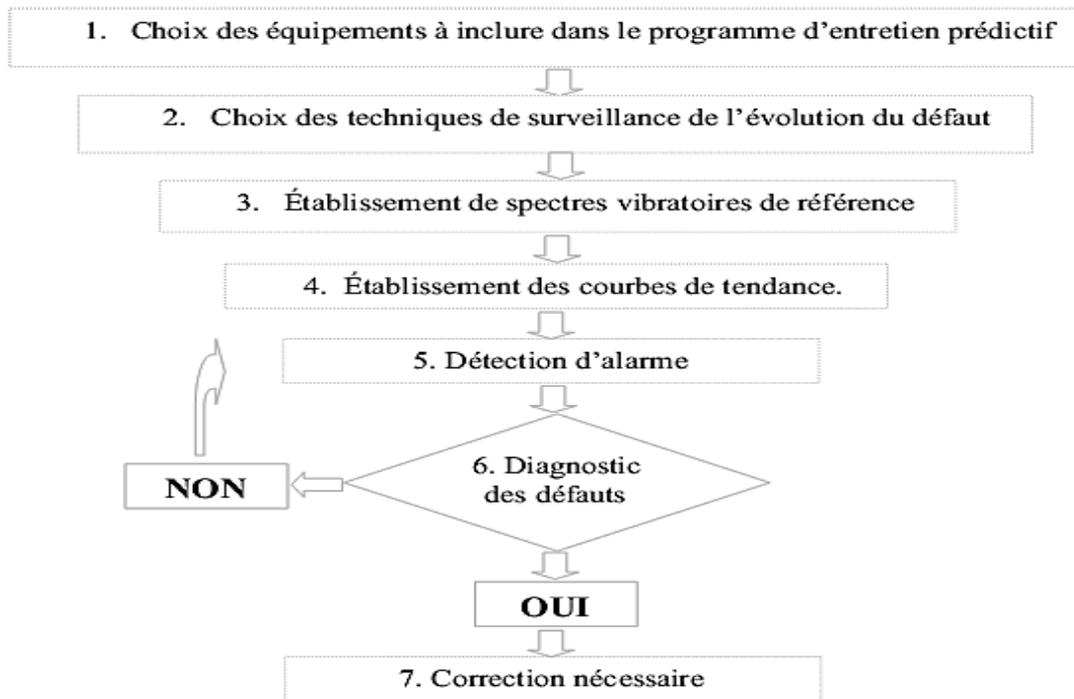


Figure I.2 : Organisation de la maintenance conditionnelle.

1. Cette étape comprend la codification des équipements, l'inventaire et la sélection du type d'entretien appliqué à chaque équipement
2. Cette étape comprend le choix de la technique de mesure, leur périodicité, leur endroit et repérage, la création d'une route et des dossiers de suivi
3. Cette étape s'occupe de la détermination des alarmes
4. Cette étape comprend la prise de mesure, l'enregistrement et la gestion des données vibratoires.
5. vérification du seuil d'alarme
6. déterminer l'élément défaillant
7. Changer ou corriger l'élément défaillant.

I.2.5 Classement des machines:

Afin de ne pas surveiller inutilement des machines qui n'ont pas une importance capitale, les industriels établissent souvent le classement suivant:

I.2.5.1. Vitales :

Machines non doublées dont la panne entraîne l'arrêt de la production. Les frais et les délais de remise en état sont importants. Les pertes de production sont inacceptables.

I.2.5.2. Importante :

Machines doublées ou non dont la panne entraîne une baisse sensible de la production. Les frais et délais de remise en état sont importants, les pertes de production aussi.

I.2.5.3. Secondaire :

Machines doublées ou dont une panne ne remet pas en cause les capacités de production.

I.2.6 La cinématique :

On ne peut surveiller correctement une machine que l'on ne connaît pas. Avant de recueillir un signal vibratoire, il faut prendre connaissance de la cinématique de l'installation à surveiller. Parmi les indications les plus importants, le technicien doit connaître :

- la vitesse de rotation de chaque ligne d'arbre ;
- le nombre de pales ou d'aubages sur les ventilateurs et les pompes ;
- le nombre de dents des engrenages ;
- le diamètre des poulies et la longueur des courroies ;
- le type des roulements ;
- le nombre de barres de la cage d'écureuil du moteur, etc.

Tous ces renseignements sont indispensables pour déterminer les outils adéquats à une surveillance efficace. Ils permettent de calculer les fréquences caractéristiques des défauts susceptibles d'apparaître sur les machines [1].

I.3. TECHNIQUES D'ANALYSE

La surveillance d'un équipement de machine est assurée en relevant périodiquement un indicateur d'état de dégradation (ou de performance). Il existe différentes techniques d'analyse tels que l'analyse vibratoire, l'émission acoustique, la thermographie, l'analyse des huiles et des lubrifiants, etc...

Le choix de l'indicateur dépend du type de machine à étudier et du type de défaillance que l'on souhaite détecter. Pour les machines tournantes, un indicateur de type vibratoire permet de détecter la plupart des défauts. On établit une courbe d'évolution de l'indicateur au cours du temps.

Sur cette courbe, on définit différents seuils correspondant à un niveau d'alerte, à une alarme, à un niveau de défaillance. Ces niveaux sont établis soit par expérience soit en appliquant une norme (pour les roulements, on utilise des abaques de sévérité vibratoire pour définir les différents seuils).

I.3.1 L'analyse d'huile:

Le lubrifiant (huile) est comparable au sang de la machine, il reflète le comportement et l'état du système dans lequel il circule.

Le suivi de ces caractéristiques physico-chimique permet d'apprécier l'état de dégradation de l'huile et de connaître son aptitude à remplir totalement ses fonctions initiales de lubrification. L'évolution de cette dégradation peut être un indicateur de condition d'exploitation de l'équipement. Elle va permettre d'optimiser les fréquences de vidanges dans le cas de quantité importante, le suivi de la contamination permet:

- De situer l'organe défectueux, d'apprécier l'évolution et le type d'usure dans le cas d'une pollution par des particules internes.
- D'apprécier la nature et l'origine des agents extérieurs.

On prend comme référence les caractéristiques de l'huile neuve et on compare les résultats obtenue à chaque analyse, si l'on constate une évolution brutale des caractéristiques ou si l'on atteint des valeurs très éloignées des valeurs initiales, il faut soit intervenir au niveau du matériel ou remplacer l'huile

I.3.2 Thermographie infrarouge

Le contrôle par thermographie a pour objet de détecter et de localiser les variations de température en surface. Une caméra infrarouge associée à un logiciel de traitement d'image, permet d'obtenir une image en 2 dimensions, appelée thermo-gramme, de la zone contrôlée. La couleur de chaque pixel de l'image peut être reliée à la température en chaque point de l'objet, en faisant des hypothèses sur la valeur d'émissivité de la surface [2]. La thermographie est utilisée lors des opérations de maintenance sur site pétrochimique notamment pour le contrôle :

- de l'état des calorifuges et frigorifuges d'équipement fonctionnant hors température normale,
- de l'état des matériaux réfractaires utilisés sur les fours, cheminés et le gunitage de réacteurs,
- de niveaux dans les réservoirs.

La thermographie est bien adaptée à la détection des points chauds (surchauffe, température anormale) sur les machines tournantes et les armoires électriques. Il est également envisageable de surveiller un processus comme le soudage, le remplissage d'un moule [3].



Figure I.3 : exemple de la thermographie infrarouge [3]

I.3.3 L'analyse vibratoire

Le principe de l'analyse des vibrations est basé sur l'idée que les structures de machines, excitées par des efforts dynamiques, donnent des signaux vibratoires dont la fréquence est identique à celle des efforts qui les ont provoqués ; et la mesure globale prise en un point est la somme des réponses vibratoires de la structure aux différents efforts excitateurs. On peut donc, grâce à des capteurs placés en des points particuliers, enregistrer les vibrations transmises par les structures de la machine et, grâce à leur analyse, identifier l'origine des efforts auxquels elle est soumise. De plus, si l'on possède la « signature » vibratoire de la machine lorsqu'elle était neuve, ou réputée en bon état de fonctionnement, on pourra par comparaison apprécier l'évolution de son état ou déceler l'apparition d'efforts dynamiques nouveaux consécutifs à une dégradation en cours de développement [4].

La mesure d'une vibration transmise par la structure d'une machine sous l'effet d'efforts dynamiques sera fonction de multiples paramètres

- Caractéristiques de fixation de la machine sur le sol qui oppose des réactions aux vibrations.
- Position et fixation du capteur sur la machine
- Caractéristiques du capteur.
- Pré-amplification et transmission du signal.
- Vitesse de rotation et puissance absorbée.
- Etat des liaisons de la chaîne cinématique (alignement, balourd, engrenages, roulements...).

I.4. CHOIX D'UNE TECHNIQUE D'ANALYSE

Chaque méthode a son champ d'application privilégié. Par exemple, l'analyse vibratoire convient aux défauts liés à la cinématique et à la structure de la machine, mais dans une plage de fréquences déterminées (situées généralement entre quelques Hertz et plusieurs dizaines de KHz). Elle couvre aussi les défauts spécifiques aux roulements (à plus hautes fréquences). Au-delà de 20 KHz, il est souvent préférable d'utiliser un contrôle par ultrasons ou par émission acoustique. L'analyse acoustique se limite à la détection de bruits dans les fréquences audibles, mais lorsque la dégradation d'un roulement se manifeste en une fréquence audible, il est souvent trop tard pour intervenir [5].

L'analyse d'huile consiste principalement à analyser les particules présentes dans l'huile, ce qui va révéler une usure anormale d'un ou plusieurs organes. Elle doit être appliquée dans le cas de machines où l'huile joue un rôle primordial et lorsque l'analyse des débris d'usure est significative [6].

I.5. CHAÎNE DE MESURE

Le but de la mesure est de faire correspondre, à une grandeur physique que l'on désire connaître, une grandeur compréhensible par le système d'acquisition. De nos jours, il s'agit presque uniquement de signaux électriques qui ont remplacé les systèmes mécaniques et optiques d'autrefois. Ainsi le capteur délivre un signal qui est amplifié et converti généralement en tension par un conditionneur. Le système d'acquisition n'a plus alors à traiter qu'un courant électrique dont l'intensité est directement reliée à l'amplitude du phénomène vu par le capteur et cela quel que soit le type de ce capteur [6].

I.5.1 chaîne d'acquisition analogique

Le mot analogique veut dire que la loi liant l'information issue du capteur à la grandeur mesurée est continue. Le signal issu du capteur est transformé par un conditionneur de signaux qui comprend généralement les éléments suivants :

- le convertisseur de mesure, qui transforme généralement le signal en un courant électrique aisément transportable et qui est en entrée de la plupart des stations d'acquisition modernes.
- l'amplificateur, qui a pour but d'augmenter l'intensité du signal et de le rendre en cela moins sensible au bruit de fond ambiant.

- un ou plusieurs dispositifs de traitement du signal qui sont dédiés à la chaîne d'acquisition et varient en fonction des objectifs fixés par l'utilisateur. Ces dispositifs mettent en œuvre des fonctions très variées allant des filtres aux corrélations entre signaux en passant par la conversion en valeur efficace ou la linéarisation. Dans certains cas, il est possible de trouver, dans la chaîne d'acquisition, un multiplexeur : par exemple, si la station d'acquisition est éloignée du lieu de mesure ou si l'opérateur désire enregistrer un certain nombre de voies sur une bande magnétique. L'opération consiste à faire passer plusieurs signaux par une seule voie.

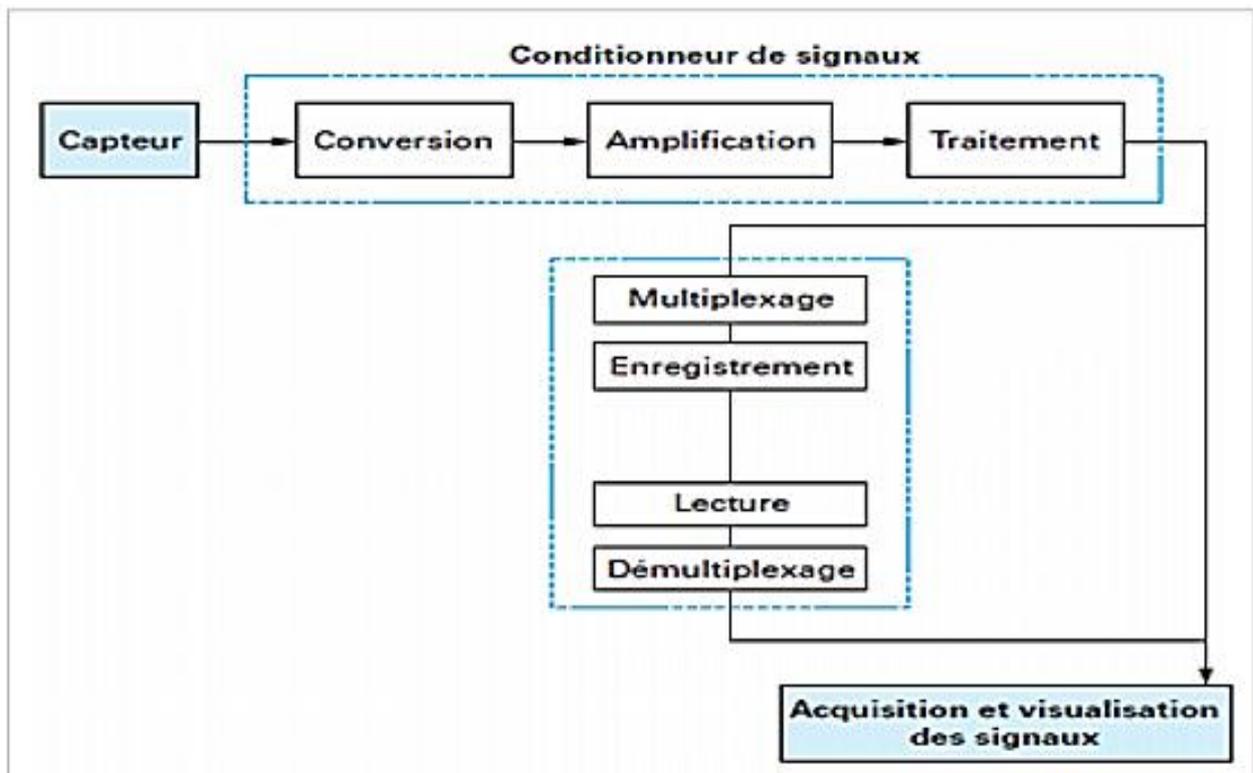


Figure I.4 : la chaîne de mesure analogique [6]

I.5.2 La chaîne de mesure numérique,

Dont un exemple est donné (figure I.6), utilise au départ les mêmes dispositifs que la chaîne de mesure analogique. En sortie du conditionneur de signaux, le signal est échantillonné et numérisé par les éléments suivants :

- l'échantillonneur-bloqueur (E/B) a pour mission, au moment indiqué par le système logique de commande, de figer la valeur instantanée du signal au moins le temps que le convertisseur analogique-numérique effectue sa conversion.

- le convertisseur analogique-numérique (CAN) a pour rôle de coder la valeur instantanée du signal en entrée en un nombre. Son fonctionnement est géré par le système logique de commande qui peut être un microprocesseur. De la même manière que pour la chaîne analogique, dans le cas de plusieurs voies d'acquisition, un multiplexeur peut venir s'intercaler dans la chaîne numérique soit entre le conditionneur et l'échantillonneur-bloqueur, soit entre ce dernier et le convertisseur analogique-numérique.

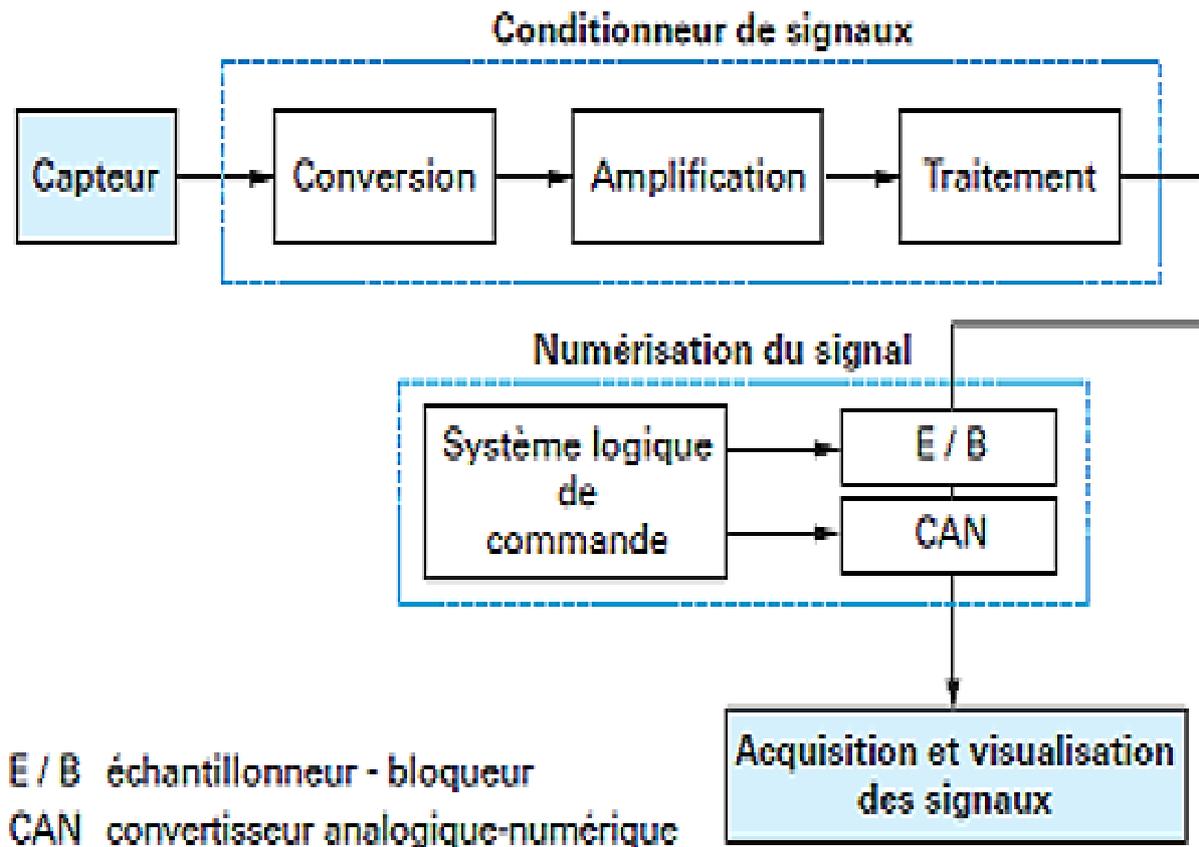


Figure I.5 : la chaîne de mesure numérique [6]