



**Université KASDI MERBAH OUARGLA**

**Institut de Technologie**

**Département de génie appliqué**

**Mémoire**

**Licence Mesure, Métrologie et Qualité**

**Titre :**

Contribution à l'amélioration de la maintenance préventive par  
l'étalonnage des instruments mécanique.



**Présenté publiquement par :**

**HADDAD Amine**

**Devent les jurys:**

**Mr. MECHRI Med Laid**

**Président**

**Mr. SETTOU Belkhir**

**Examineur**

**Mr. LEMNAOUER Khaled**

**Encadreur**

**Année universitaire :2022/2023**

## **REMERCIEMENT**

Tout d'abord, je remercie Dieu de m'avoir guidé et de m'avoir donné la force de persévérer tout au long de ce cheminement d'étude. Sa grâce infinie a été mon inspiration et mon réconfort dans les moments difficiles.

Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude à mes parents. Leur amour inconditionnel, leur sacrifice et leur soutien continu m'ont permis d'atteindre mes objectifs éducatifs. Leur confiance en moi a été la principale motivation pour persévérer et donner le meilleur de moi-même.

Je tiens à remercier mes amis qui ont été là à mes côtés tout au long de ce parcours. Leur soutien moral, leurs encouragements et leurs précieux conseils ont été inestimables. Leur présence dans ma vie a rendu cette expérience d'apprentissage plus agréable et mémorable.

Enfin, je voudrais exprimer ma gratitude à mon mentor, Khaled LEMNAOUER. Pour le soutien, les conseils et l'expertise, je tiens à remercier CITAL et Météo Algérie pour m'avoir accordé le stage et les précieuses informations.

Je tiens à remercier tout le personnel de l'Institut, y compris les professeurs et les administrateurs, pour leur travail acharné en notre nom.

Encore une fois, je tiens à remercier Dieu du fond du cœur, mes parents, mes amis et mes professeurs pour leur précieux soutien dans l'accomplissement de ma mission. Leur présence et leurs encouragements ont été la pierre angulaire de mon parcours académique et je leur en suis infiniment reconnaissant.

## **DÉDICACES**

*Grand dédicace à mon père et ma mère et tout la famille surtout mon oncle  
H. Hichem et ma grand-mère pour le support dans tous les temps. Et grandes  
dédicaces de tous mes amis Yasser, Amar, Xander, Djafil, Ramzi, Naoufel,  
Djafer, Sirine. Dédicace à mon frère Mostafa et à mon encadreur L. Khaled.*

## Sommaire:

Titre	Page
<b>Introduction générale</b>	<b>01</b>
<b>Chapiter :01 : Description de l'entreprise CITAL</b>	<b>02</b>
<b>Introduction</b>	<b>03</b>
<b>1-CITAL</b>	<b>03</b>
1.1-A propre de CITAL	<b>03</b>
1.2-Les grands lignes dans CITAL	<b>03</b>
1.3-L'historique de CITAL en l'Algérie	<b>04</b>
1.4-Le plan de CITAL OUARGLA	<b>04</b>
1.5-L'organnigramme de CITAL	<b>05</b>
1.6-Le plan maintenance de CITAL OUARGLA	<b>06</b>
<b>2-Tramway</b>	<b>06</b>
2.1-Définition de tramway	<b>06</b>
2.2-Les défirent types de tramway	<b>07</b>
2.3-Compasents de tramway	<b>08</b>
2.4-Déscription de tramway OUARGLA	<b>09</b>
<b>Conclusion</b>	<b>10</b>
<b>Chapiter :02 : La Métrologie et la Maintenance.</b>	<b>11</b>
<b>Introduction</b>	<b>12</b>
<b>1-Métrologie</b>	<b>12</b>
1.1-Définition	<b>12</b>
1.2-Historique de la métrologie en Algérie	<b>12</b>
1.3-Les principe fondamentaux de métrologie	<b>13</b>
1.4-Les types de métrologie	<b>14</b>
1.5-Les domaines d'applications de la métrologie	<b>14</b>
1.6-Les normes de métrologie	<b>14</b>
1.7-Les erreurs de mesures	<b>16</b>
<b>2-L'étalonnage</b>	<b>16</b>
2.1-Définition	<b>16</b>
2.2-comment fait un étalonnage	<b>17</b>
2.3-Importance de l'étalonnage	<b>17</b>
2.4-Certafication d'étalonnage	<b>18</b>
<b>3-Maintenance</b>	<b>18</b>
3.1-Définition	<b>18</b>
3.2-Les types de maintenance	<b>19</b>
3.3-Objectifs de la maintenance	<b>19</b>
<b>4-Qualité</b>	<b>20</b>

4.1-Définition	20
4.2-Managment de la qualité	20
<b>5-Conclusion</b>	<b>21</b>
<b>Chapiter :03 : L'étalonnage des instruments de mesure.</b>	<b>22</b>
<b>Introduction</b>	<b>23</b>
<b>1-Généralité sur les instruments de mesure</b>	<b>23</b>
<b>1.1-Capteur</b>	<b>23</b>
1.1.1-Définition	23
1.1.2-Les types de capteur	23
1.1.3-Des exemples	24
1.1.4-L'étalonnage d'un capteur	25
<b>1.2-Pied a coulisse</b>	<b>26</b>
1.2.1-Définition	26
1.2.2-L'étalonnage de pied a coulisse	26
<b>1.3-Clé dynamométrique</b>	<b>27</b>
1.3.1-Définition	27
1.3.2-Les types de clé dynamométrique	27
1.3.3-La maintenance d'une clé dynamométrique	28
1.3.4-L'étalonnage de clé dynamométrique	29
<b>2-Clé dynamométrique électronique</b>	<b>30</b>
2.1-Définition	30
2.2-L'étalonnage de clé dynamométrique électronique	31
<b>3- Les effets de mauvais étalonnage de clé dynamométrique</b>	<b>33</b>
<b>4- Les effets de bon étalonnage de clé dynamométrique</b>	<b>33</b>
<b>5-Conclusion</b>	<b>34</b>
<b>Conclusion générale</b>	<b>35</b>
<b>Les références</b>	<b>36</b>

## Liste de figures :

<b>IMAGE</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Figure N° 1.1</b>	<b>Logo de l'entreprise CITAL</b>	<b>03</b>
<b>Figure N°1.2</b>	<b>Plan de CITAL</b>	<b>04</b>
<b>Figure N° 1.3</b>	<b>Les types de tramway</b>	<b>07</b>
<b>Figure N°1.4</b>	<b>Tramway OUARGLA</b>	<b>09</b>
<b>Figure N°1.5</b>	<b>Citadis 402</b>	<b>09</b>
<b>Figure N°2.1</b>	<b>Schéma directeur d'une chaine d'étalonnage industriel</b>	<b>17</b>
<b>Figure N° 2.2</b>	<b>Les types de maintenance</b>	<b>19</b>
<b>Figure N° 3.1</b>	<b>Le travail de capteur</b>	<b>24</b>
<b>Figure N° 3.2</b>	<b>Calibrateur de pression</b>	<b>25</b>
<b>Figure N° 3.3</b>	<b>Pied a coulisse</b>	<b>26</b>
<b>Figure N° 3.4</b>	<b>Clé dynamométrique</b>	<b>27</b>
<b>Figure N° 3.5</b>	<b>Capteur et banc d'étalonnage de clé dynamométrique</b>	<b>29</b>
<b>Figure N° 3.6</b>	<b>Clé dynamométrique électronique</b>	<b>31</b>
<b>Figure N° 3.7</b>	<b>L'étalonnage de clé dynamométrique</b>	<b>32</b>

## Résumé :

Cette mémoire porte sur la métrologie, de la maintenance et de l'étalonnage. La relation entre l'étalonnage et la maintenance et leurs types respectifs ont été discutés. Du côté pratique, nous avons abordé le calibrage et l'entretien de la clé dynamométrique traditionnelle et électronique. Nous avons expliqué l'importance de l'étalonnage et de la maintenance préventive dans le domaine industriel.

## ملخص:

هذه المذكرة محتواها حول علم القياس والصيانة والمعايرة. حيث تم مناقشة العلاقة بين المعايرة ; الصيانة وانواع كل منهما. وفي الجانب التطبيقي تطرقنا الى معايرة وصيانة مفتاح العزم التقليدي والالكتروني. ووضحنا اهمية الصيانة والصيانة الوقائية في المجال الصناعي.

## Abstract:

This note is about the science of metrology, maintenance and calibration. The relationship between calibration and maintenance and their respective types were discussed. On the applied side, we discussed the calibration and maintenance of the traditional and electronic torque wrench. We explained the importance of calibration and preventive maintenance in the industrial field.

## **Introduction générale :**

La métrologie et l'étalonnage sont deux concepts essentiels dans le domaine de la mesure et de l'exactitude des instruments de mesure. Ils jouent un rôle crucial dans de nombreux domaines, tels que les sciences, l'ingénierie, l'industrie, la santé et l'environnement.

La métrologie peut être définie comme la science de la mesure. Elle englobe l'ensemble des théories, des méthodes, des pratiques et des outils utilisés pour effectuer des mesures précises et fiables. La métrologie vise à établir des normes et des références de mesure, ainsi qu'à développer des méthodes de mesure appropriées pour différents types de grandeurs physiques, telles que la longueur, la masse, le temps, la température, la pression, etc.

L'étalonnage, quant à lui, fait référence au processus d'évaluation et d'ajustement d'un instrument de mesure pour qu'il fournisse des résultats précis et conformes à des normes de référence. L'étalonnage est nécessaire car la plupart des instruments de mesure ont tendance à dériver avec le temps ou à présenter des écarts systématiques, ce qui peut affecter la fiabilité et la validité des résultats de mesure. L'étalonnage consiste à comparer les indications d'un instrument à celles d'un étalon de référence de haute précision et à apporter les corrections nécessaires pour minimiser les erreurs de mesure.

L'étalonnage peut être réalisé à l'aide d'étalons primaires, qui sont des références de mesure internationalement reconnues et hautement précises, ou d'étalons secondaires, qui sont des instruments étalonnés par rapport aux étalons primaires. Les laboratoires de métrologie et les organismes nationaux de métrologie sont responsables de l'étalonnage des instruments et de l'établissement des références de mesure.

L'objectif ultime de la métrologie et de l'étalonnage est de garantir l'uniformité, la traçabilité et la fiabilité des mesures effectuées à travers différents domaines d'application. Cela permet de prendre des décisions éclairées, d'assurer la qualité des produits, de garantir la conformité aux normes et aux réglementations, ainsi que d'améliorer la confiance mutuelle dans les échanges commerciaux et scientifiques.

En résumé, la métrologie et l'étalonnage jouent un rôle fondamental dans l'obtention de mesures précises et fiables. Ils contribuent à la confiance dans les résultats de mesure, à la comparabilité des données et à l'avancement scientifique et technologique.



Chapiter n° :01 :  
Description de  
l'entreprise CITAL.

## **CHAPITER 01 :**

### **Introduction :**

Dans toute spécialisation il y a un côté théorique et un côté appliqué. Dans le côté appliqué, on trouve des cours magistraux et des exercices. Ce côté n'est pas complet sauf avec le côté appliqué, qui est un stage pratique, qui est une visite en entreprise. Dans le même domaine de spécialisation pendant une période d'au moins une semaine pour découvrir l'environnement de travail.

### **1- CITAL :**

#### **1.1- A propre de CITAL :**

CITAL est née en 2011 de la volonté de l'Algérie de se doter de capacités industrielles moderne d'assemblage et de maintenance dans le domaine ferroviaire, elle est en charge de satisfaire les besoins en tramways des projets en cours et futurs en Algérie. 6 systèmes de tramway sont maintenus par CITAL : Alger depuis décembre 2010 ; Oran depuis avril 2013 et Constantine depuis juin 2013, Sidi-Bel-Abbès depuis juillet 2017, Ouargla depuis mars 2018 et Sétif depuis mai 2018. Prochainement la maintenance des tramways de Mostaganem et celle des trains grande ligne CORADIA ALGERIE seront également assurée par CITAL

Et le nom CITAL Se compose de :

- CIT : désigne l'abréviation de " Citadine" (Transport urbain).
- AL : désigne l'abréviation de "Algérie. [1]



Figure N°1.1 :Logo de CITAL.

#### **1.2-Les grands lignes dans CITAL :**

- Société par actions de droit algérien
  - 41% : Ferroviail.
  - 10% : EMA (Entreprise Metro d'Alger).
  - 43%: Alstom Transport S.A.

- 6%: Alstom Algérie.

- Siege Social Annaba.
- Activité:
  - Assemblage des rames pour les Systèmes de Tramways algériens.
  - Maintenance des rames et des Systèmes de tramway.
- Taux Intégration objectif : 30%.(En 2019). [2]

### **1.3-L’historique de CITAL en l’Algérie :**

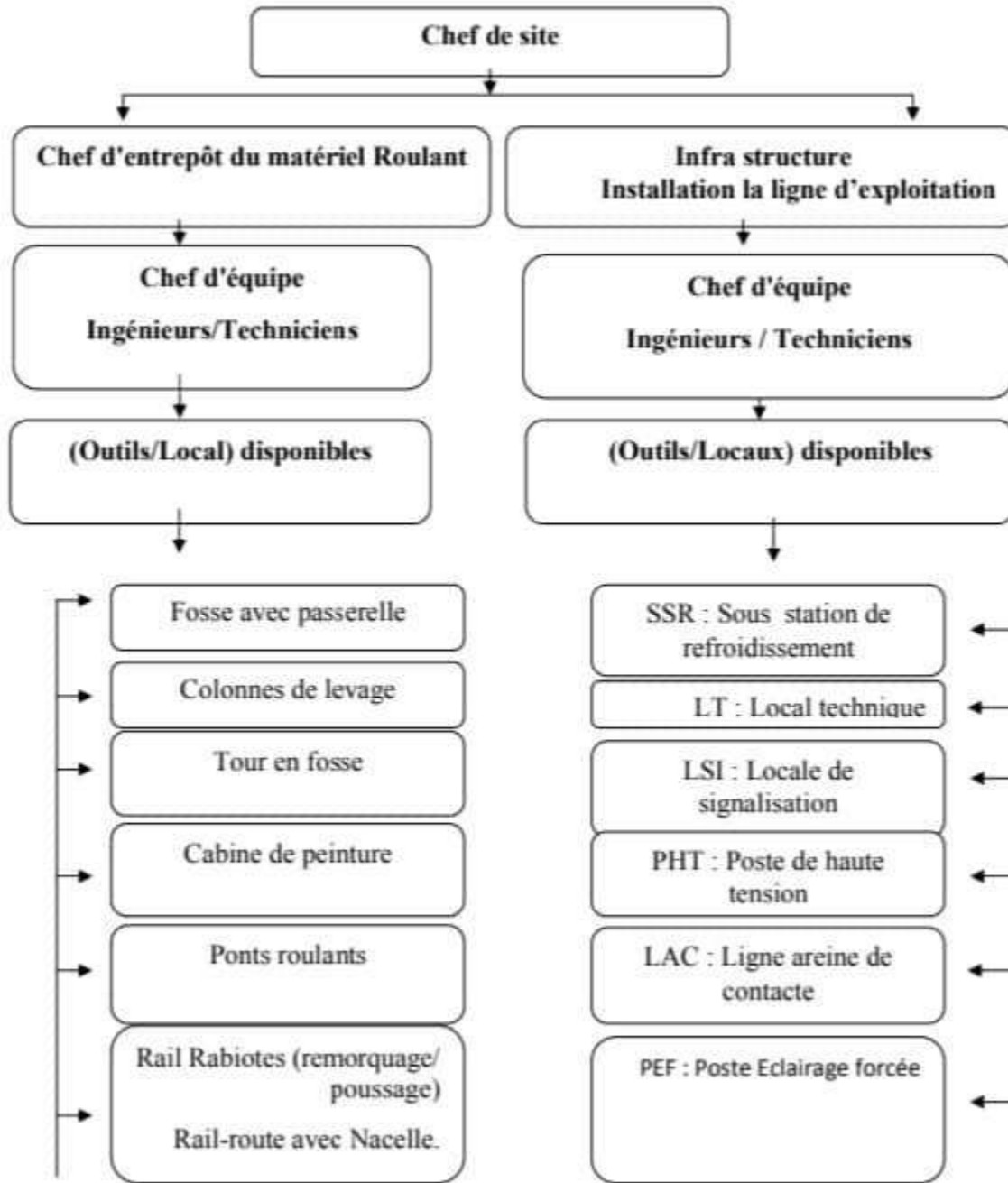
- 14 Novembre 2010 : Signature de l'accord Cadre et du Pacte d'Actionnaires.
- 2011 : Démarrage de l'activité Maintenance (Tram Alger).
- 15 Mars 2011 : Création de CITAL unité d'assemblage et de maintenance de rames de tramways de type Citadis 302 et Citadis 402.
- 13 décembre 2012 : Signature des Contrats Programmes de fourniture de matériels roulants (EMA).
- 12 Mai 2015 : Inauguration de l'usine d'Annaba.
- 10 Avril 2016 : Signature de l'accord cadre entre Alstom, Ferrovial, EMA et SNTF (Société national des transports ferroviaires) pour l'extension des activités de CITAL à la famille des trains hybrides Coradia. [1]

### **1.4- Plan de CITAL (OUARGLA) :**



**Figure N° 1.2 : plan de CITAL**

### 1.5-Organigramme de CITAL :



L'organigramme de CITAL [2]

## **1.6- plan maintenance de CITAL (OUARGLA) :**

Les prestations de maintenance prévue au présent marché incluent la maintenance de routine et « lourde » des rames, celle du bâtiment « atelier », celle de tous les équipements nécessaires à la maintenance des rames et à son personnel (bureau et locaux sociaux...), ainsi que celle relative à l'ensemble des équipements fixes du Système de Transport.

La réalisation des prestations a pour objectif :

- Une conservation en bon état de fonctionnement :
  - ✓ Du parc du matériel roulant, de ses organes et éléments
  - ✓ Des installations fixes, de ses organes et éléments
  - ✓ Du centre de maintenance, de ses organes et équipements
- Un maintien de l'état esthétique (intérieur/extérieur) du parc du matériel roulant et des installations fixes, à l'exclusion des graffitis.
- ❖ **Activités :**
  - ✓ Maintenance Matériels Roulants :
    - Maintenance des Tramways (23 rames Ouargla).
    - Maintenance des équipements dépôt (tour en fosse, colonnes de levage, compresseurs, pont de levage, rail route, balayeuse...).
    - Maintenance industrielle et bâtiment (détection incendie, climatisation et basse tension...).
  - ✓ Maintenance Système et Infrastructure :
    - Atelier courant fort (PHT, sous-stations...)
    - Atelier courant faible (signalisation, système d'aide à l'exploitation...)
    - Atelier Voie & LAC. [1]

## **2- Tramway ;**

### **2.1-définition de tramway :**

Est un moyen de transport public qui utilise l'énergie électrique pour circuler sur des rails posés dans des rues ou des voies dédiées. Les tramways se trouvent généralement dans les zones urbaines et fonctionnent sur des itinéraires généralement plus courts que ceux des trains ou des bus.

Les tramways sont généralement alimentés par des fils électriques aériens ou un troisième rail, et peuvent soit circuler sur des voies dédiées, soit partager la route avec d'autres véhicules.

## 2.2- Les différents types de tramway :












Modèle et quelques lieux d'installation	Architecture	Longueur
Citadis™ 202 (Melbourne)		20m
Citadis™ 301 (Orléans, Dublin)		27m
Citadis™ 302 (Adelaïde, Lyon, Bordeaux, Paris T2, Valenciennes, Rotterdam, Buenos Aires, Madrid, Melbourne, Nice, Murcia, Barcelone, Jérusalem, Toulouse)		33m
Citadis™ 304		33m
Citadis™ 401 (Montpellier, Dublin)		39m
Citadis™ 402 (Bordeaux, Grenoble, Paris T3, Tours)		44m
Citadis™ 404		43m
<p><b>Légende :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> : bogie motorisé non pivotant.</li> <li> : bogie motorisé pivotant.</li> <li> : bogie porteur (non motorisé) non pivotant.</li> <li> : bogie porteur (non motorisé) pivotant.</li> </ul>		

Figure N° 1.3 : les types de tramway

## **2.3- Composants de tramway :**

### **A. Le matériel fixe :**

Les matériaux fixes sont en production de l'énergie de traction moderne et La voie ferrée

Ensemble production de l'énergie de traction moderne

#### **▪ La voie ferrée :**

Il se compose des éléments suivants :

Rail, système de fixation, joint isolant, appareil de dilatation, appareil de voie.

#### **▪ Ensemble production de l'énergie de traction moderne :**

Le système de traction électrique comprend trois systèmes suivants :

Sous-stations, Sous-système caténaire, ligne aérienne de contact, alimentations par le Sol (APS), Sous-système SCADA.

### **B. Le matériel roulant :**

Il comprend tous les véhicules, moteurs ou remorques, conçus pour se déplacer sur le rail. Ils

Sont comme suit

#### **▪ Les composants de la rame :**

La rame du tramway est de type bidirectionnel, elle comporte les composants suivants :

Cabine de la conduite - Cabine motrice - Nacelle motorisée - Nacelle porteuse - Caisse

Suspendue.

#### **▪ Les pièces utilisables ;**

Bogies - Moteurs - Appareillage - Convertisseurs auxiliaires - Transformateurs de traction

Systèmes d'alimentation Cariboni - Amortisseurs Dispen – Pantographe.[2]

## 2.4- Description de tramway OUARGLA :

Le Tramway d’Ouargla est la première ligne de tramway au sud Algérien, conçue pour résister à des conditions météorologiques extrêmes. Il lie entre les deux terminus de SID- ROUHOU et CHENINE Kadour avec une longueur de la ligne 9.2 km. Cette ligne est empruntée par une flotte de rames Citadis 402 alimentées électriquement par une Lignes Aérienne de Contact (LAC). Il contient également 16 arrêts.

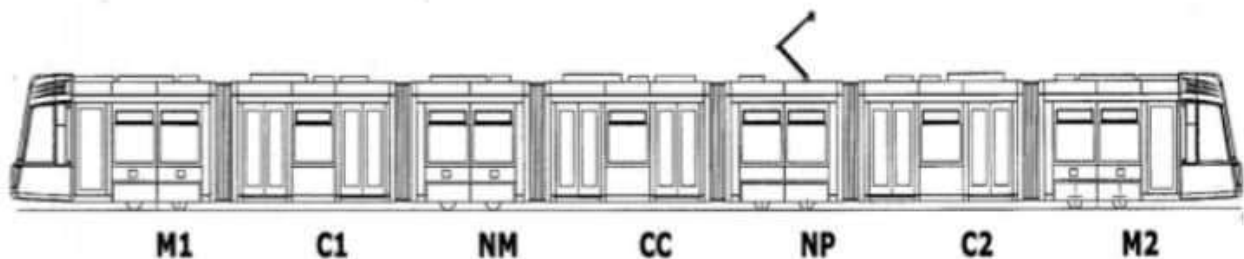


**Figure N° 1.4 :Tramway OUARGLA**

Le type de véhicules proposés pour le tramway d’Ouargla, est la CITADIS 402 à plancher bas intégral. Ces voitures sont de type bidirectionnel, sont comportent de chaque côté 06 portes d’accès double et 02 portes simples, sont largement vitrés, climatisés au niveau des cabines de conduit, ventilés et chauffés au niveau de salles voyageuses.

**M1:** motrice      - **C1:** caisse suspendue      - **NM :** nacelle motrice      - **CC :** suspendue

**NP:** nacelle porteuse      - **C2 :** caisse suspendue      - **M2:** motrice. [2]



**Figure N° 1.5 : CITADIS-402**



**Conclusion :**

Enfin, CITAL une très bonne entreprise pour fait un stage pratique dans le domaine de maintenance ou la métrologie. Et je conseille aux étudiants de faire un stage dans cette entreprise pour bénéficier de leurs précieuses informations dans le domaine d'étude.

# Chapiter n° :02 : La Métrologie et la Maintenance.

## **CHAPITER 02 :**

### **Introduction :**

La métrologie et la maintenance sont deux domaines essentiels dans de nombreux secteurs industriels. La métrologie se concentre sur la science et l'art des mesures, tandis que la maintenance vise à assurer la disponibilité, la fiabilité et les performances optimales des équipements et des systèmes.

La métrologie est la science de la mesure, qui concerne la définition, la réalisation, l'application et l'assurance de la qualité des mesures. Elle est essentielle pour garantir l'exactitude, la précision, la répétabilité et la traçabilité des mesures dans de nombreux domaines, tels que l'industrie, la recherche scientifique, la santé, l'environnement et le commerce international. La métrologie s'appuie sur des normes et des pratiques internationales pour assurer la cohérence et la comparabilité des résultats de mesure, indépendamment du lieu, de l'équipement et de l'opérateur impliqués. La métrologie est donc un enjeu clé pour assurer la confiance dans les mesures et les résultats scientifiques, ainsi que pour soutenir l'innovation technologique et le commerce mondial.

Quant à la maintenance, elle vise à assurer le bon fonctionnement, la disponibilité et la durabilité des équipements et des systèmes. La maintenance préventive consiste à effectuer des tâches planifiées, telles que l'inspection, la lubrification et le remplacement régulier des pièces, afin de prévenir les pannes et de maintenir les performances optimales

### **1- Métrologie :**

#### **1.1- Définition :**

La métrologie englobe les connaissances qui permettent d'attacher au résultat d'une mesure la signification exacte qu'on peut en attendre dans des conditions de mesure données. Elle s'intéresse à tous les éléments qui entrent en jeu et s'attache particulièrement à analyser les causes d'erreur. [3]

#### **1.2- Historique de la métrologie en ALGERIE :**

- Avant 1962 :
  - Service des Poids et Mesures
    - De 1962 à 1980 :
  - Service des Instruments de Mesure
    - De 1980 à 1986 :
  - Sous-direction des instruments de mesure de wilaya
    - De 1986 :
- Office National de Métrologie Légale .[4]

### **1.3- Les principes fondamentaux de Métrologie :**

#### **1.3.1- L'étalon :**

Dans le domaine métrologique, l'étalon désigne la matérialisation d'une grandeur donnée comme unité de mesure. Cette valeur précise et pérenne permet d'établir la justesse et la traçabilité des mesures par une incertitude connue.

#### **1.3.2- L'étalonnage :**

L'étalonnage est l'action d'utiliser l'étalon afin de déterminer la justesse de l'instrument ou des instruments de mesure.

L'utilisation d'un étalon est indispensable pour effectuer l'étalonnage afin de garantir sa fiabilité.

Le plus souvent, l'étalonnage est exécuté 2 fois au minimum, avant et après l'utilisation des instruments de mesure.

Le délai entre chaque étalonnage est appelé « intervalle d'étalonnage ». Il doit être déterminé en amont et strictement respecté.

#### **1.3.3- L'incertitude :**

Elle correspond à l'estimation du doute relevé suite au résultat d'une mesure.

La mesure est influencée par de nombreux facteurs :

- Les moyens de mesure.
- La méthode mise en œuvre.
- La qualification des opérateurs.
- L'environnement.
- La qualité de la mesure.

L'incertitude du résultat d'une prise de mesures est exprimée sous la forme d'un écart-type.

On reconnaît 2 types d'incertitudes :

- ✓ Type A :

Il fait suite à une évaluation par lecture statistique de séries d'observations.

- ✓ Type B :

Il résulte des phénomènes et propriétés physiques reconnus et de valeurs de certificat d'étalonnage ou autres spécifications. [5]

## **1.4- Les types de Métrologie :**

### **1.4.1- Fondamentale ou scientifique :**

Qui vise à créer, développer et entretenir des étalons de référence connus.

### **1.4.2- Industrielle :**

C'est la plus connue, elle garantit les mesures d'un processus de fabrication, encadré par un contrôle qualité relié à un pilotage de management de la qualité.

### **1.4.3- Légale :**

Cela concerne la métrologie liée aux mesures répondant à des exigences réglementaires connues.[6]

## **1.5- Les domaines d'application de la Métrologie :**

- L'industrie.
- L'énergie.
- L'environnement.
- La chimie.
- La santé.
- L'agroalimentaire.
- Le fret. [5]

## **1.6- Les normes de Métrologie :**

### **➤ ISO 5725**

C'est une norme qui s'intéresse à la détermination de la répétabilité et de la reproductibilité d'une méthode de mesure normalisée. Le but est de s'assurer de l'exactitude, de la justesse et de la fidélité des résultats et des méthodes de mesure. Elle concerne notamment les métrologues, ingénieurs produit et test, qualitatifs et responsables de laboratoire d'essais et de mesures.

### **➤ ISO 9001**

C'est probablement l'une des normes les plus connues, car elle peut s'appliquer à presque toutes les entreprises. ISO 9001 se concentre sur une démarche qualité avec une vision holistique en matière de conception, développement, production, et installation. Elle valorise la métrologie comme un levier de progrès dans toutes les étapes clés de la production, mais aussi jusque dans le management de l'entreprise. De fait, plus d'un million d'entreprises et organismes dans plus de 170 pays possèdent la certification ISO 9001 qui définit les critères applicables à un système de management de la qualité. Ainsi, la norme précise notamment qu'on ne peut avoir confiance dans ses équipements qu'à la condition de les maîtriser, ce qui est précisément le but de la métrologie pour apporter la preuve de la conformité du produit aux exigences déterminées.

### **➤ ISO 10012**

La norme ISO 10012 date de 2003 et est destinée à fournir des exigences génériques et des guides d'application pour le management des processus de mesure et pour la confirmation des équipements de mesure utilisés pour démontrer la conformité aux exigences métrologiques. Elle

constitue un pilier de référence international adossé à l'ISO 9001 pour permettre à tout type d'organismes effectuant des mesures de démontrer leur pertinence et notamment la conformité aux exigences métrologiques. La norme ISO 10012 explique comment garantir que les équipements de mesure et les processus de mesure sont appropriés à l'utilisation qui leur est assignée.

➤ **ISO 14001**

C'est une norme générique qui propose un cadre que les entreprises ou organisations peuvent appliquer pour mettre en place un système efficace de management environnemental. Pour la mettre en œuvre, il est essentiel de tenir à jour des procédures pour surveiller et mesurer régulièrement les principales caractéristiques de ses opérations qui peuvent avoir un impact environnemental significatif. Une démarche qui passe par une mesure effective de données pour atteindre des cibles environnementales, pour lesquelles la métrologie joue un rôle important.

➤ **ISO 14253-1**

L'ISO 14253-1 date de 2017 et se concentre sur la vérification par la mesure des pièces et des équipements de mesure. Elle établit les règles permettant de contrôler la conformité ou la non-conformité à une tolérance donnée pour une caractéristique d'une pièce (ou d'une population de pièces) ou à des erreurs maximales tolérées données pour une caractéristique métrologique d'un équipement de mesure, y compris lorsque la valeur mesurée est proche des limites de spécification, en prenant en compte l'incertitude de mesure.

➤ **ISO 17.020**

C'est une norme qui est spécialement faite pour la métrologie et le mesurage des phénomènes physiques, y compris les instruments de mesure en général, les nombres normaux, les étalons de mesure et les aspects généraux des matériaux de référence, etc. Ces textes visent donc les outils et les modalités de mesure dans l'industrie de façon globale, et concernent tous les sites industriels. Elle est découpée en 5 grands sujets :

- Impartialité, indépendance et confidentialité
- Exigences structurelles : organisation et administration
- Ressources : personnel, installations et équipements, sous-traitance
- Exigences techniques : méthodes et procédures d'inspection, enregistrements, rapports d'inspection, réclamations et appels
- Système de management de la qualité : politique, objectifs, maîtrise documentaire, revue de direction, audits internes, actions correctives et préventives.

➤ **ISO 17025**

L'ISO 17025 permet aux laboratoires de démontrer leurs compétences et leur capacité à produire des résultats valides, renforçant ainsi la confiance qui leur est accordée au niveau national et partout dans le monde. C'est une norme qui contribue également à faciliter la coopération entre les laboratoires et d'autres organismes en assurant une meilleure acceptation des résultats dans différents pays. Grâce à l'ISO 17025, les certificats et rapports d'essai peuvent être reconnus

dans le monde sans qu'il ne soit nécessaire de procéder à de nouveaux essais, facilitant ainsi le commerce international.

➤ **ISO 22000**

Elle définit les exigences relatives à un système de management de la sécurité des denrées alimentaires dont la conformité à la norme peut être certifiée. Elle explique les moyens qu'un organisme doit mettre en œuvre pour démontrer son aptitude à maîtriser les risques qui menacent la sécurité alimentaire afin de garantir que toute denrée alimentaire est sûre. C'est un domaine où la qualité de la mesure est essentielle pour garantir la performance des procédures de surveillance et de mesurage.[7]

## **1.7- Les erreurs de mesure :**

Les erreurs se classent en trois principales catégories, en fonction de leur cause. Ces causes doivent être soigneusement identifiées afin de prévenir les erreurs.

### **1.7.1- Erreurs systématiques :**

La valeur mesurée est erronée en raison d'une cause spécifique. Exemple de cause : différences propres à chaque instrument (erreurs instrumentales), température et méthode de mesure.

### **1.7.2- Erreurs aléatoires :**

Des circonstances aléatoires se produisant au cours de la mesure sont à l'origine de l'erreur.

### **1.7.3- Erreurs de négligence :**

L'inexpérience ou la mauvaise maîtrise de l'opérateur a causé l'erreur.[8]

## **2- L'étalonnage :**

### **2.1- Définition :**

En BIPM (Bureau International de Poids et Mesures) : Opération qui, dans des conditions spécifiées, établit en une première étape une relation entre les valeurs et les incertitudes de mesure associées qui sont fournies par des étalons et les indications correspondantes avec les incertitudes associées, puis utilise en une seconde étape cette information pour établir une relation permettant d'obtenir un résultat de mesure à partir d'une indication.

(<https://jcgm.bipm.org/vim/fr/2.39.html>, n.d.)

En Bref : L'étalonnage d'un instrument de mesure est une opération consistant à mesurer la même grandeur avec l'équipement à étalonner et l'équipement étalon, et à comparer les indications des deux instruments, puis à exploiter les résultats de cette comparaison.

Son exploitation permet, par l'application de corrections systématiques, de réduire l'incertitude associée aux mesures. L'étalonnage engendre un résultat chiffré.

Le résultat d'une vérification permet de vérifier que le moyen de mesure satisfait ou non à des prescriptions préalablement fixées. La satisfaction aux prescriptions autorise la mise (ou la

remise) en service de l'instrument de mesure. Une vérification peut également être effectuée en comparant les résultats de l'étalonnage aux limites d'erreur tolérées.[9]

## 2.2- Comment fait un étalonnage :

Pour fait un étalonnage il y a 3 étapes est :

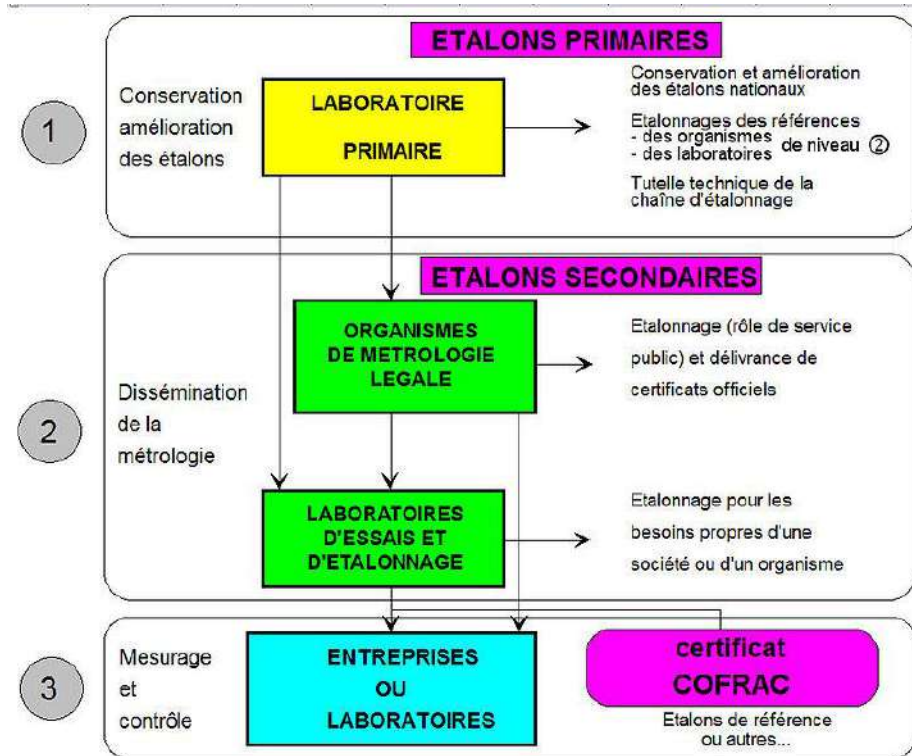


Figure N° 2.1 : Schéma directeur d'une chaîne d'étalonnage industriel

## 2.3- Importance de l'étalonnage :

L'étalonnage consiste à utiliser un étalon pour déterminer le rapport entre la valeur affichée par l'instrument de mesure et la valeur vraie. L'étalonnage d'un instrument de mesure au moyen d'un étalon permet de garantir sa fiabilité.

En règle générale, l'étalonnage est exécuté deux fois : avant et après utilisation de l'instrument de mesure. Si l'instrument de mesure est utilisé en continu et étalonné périodiquement, le délai entre chaque étalonnage doit être déterminé au préalable et strictement respecté. Ce délai est appelé « intervalle d'étalonnage ». Pour déterminer l'intervalle, il est conseillé de se référer aux recommandations du fabricant tout en l'adaptant à la fréquence d'utilisation de l'instrument.

L'étalonnage des appareils de mesure répond des obligations strictes relatives au respect des systèmes Qualités type ISO 9000. Le suivi des moyens de mesure par des spécialistes permet de garantir que les appareils sont adaptés et certifier que les résultats des mesures, contrôles et essais sont fiables. [9]



L'étalonnage et la maintenance sont deux activités interconnectées qui sont importantes pour assurer la qualité et la fiabilité des équipements de mesure et des instruments de contrôle.

## **2.4- Certification d'étalonnage :**

Le but d'un certificat d'étalonnage est de fournir à l'utilisateur d'un moyen de mesure le résultat de son étalonnage, lui permettant de prendre en compte les écarts de justesse lors de son utilisation. En pratique, on compare l'instrument de mesure à un étalon. Pour chaque point de test on note la valeur affichée par l'appareil, la valeur fournie par l'étalon et l'incertitude sur la valeur fournie par l'étalon.

Cela se traduit par un résultat chiffré, ce qui permet d'apprécier l'erreur. A l'issue de cette opération on édite un certificat d'étalonnage où figurent tous les points de test et le résultat chiffré de chaque test. Aucun jugement n'est porté sur l'appareil. Un certificat d'étalonnage ne garantit donc pas qu'un instrument est « dans ses spécifications ».

Cette prestation est destinée à mieux utiliser un instrument. Connaissant l'erreur de l'appareil on est à même de corriger le résultat brut et de réduire l'incertitude d'une mesure. L'étalonnage permet aussi de suivre l'évolution d'un appareil dans le temps. [9]

## **3- Maintenance :**

### **3.1- Définition :**

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 la fonction requise. Bien maintenir, c'est assurer l'ensemble de ses opérations au coût optimal.

La définition de la maintenance fait donc apparaître 3 notions :

- Maintenir : qui suppose un suivi et une surveillance ;
- Rétablir : qui sous-entend l'idée d'une correction de défaut ;
- Coût optimal : Qui conditionne l'ensemble des opérations dans un souci d'efficacité économique.

Le rôle de la fonction maintenance dans une entreprise ( quel que soit son type et son secteur d'activité) est donc de : garantir la plus grande disponibilité des équipements au meilleur rendement tout en respectant le budget alloué.[10]

### 3.2- Les types de maintenance :

#### 3.2.1- Maintenance préventive :

La maintenance préventive, ou maintenance technique planifiée, consiste à intervenir sur un équipement à intervalles réguliers ou en fonction de critères prédéfinis. Son objectif premier est de réduire les risques de panne sur les biens, machines et équipements, mais elle permet aussi d'atteindre des objectifs plus généraux. C'est pourquoi la plupart des usines et des entreprises cherchent à développer la part de maintenance préventive mise en œuvre par rapport à la maintenance corrective.[11]

#### 3.2.2- Maintenance corrective :

La maintenance corrective est la catégorie de tâches de maintenance qui sont effectuées pour rectifier et réparer les systèmes et les équipements défectueux. L'objectif de la maintenance corrective est de rétablir les systèmes qui sont tombés en panne. La maintenance corrective peut être synonyme de panne ou de maintenance réactive. [12]

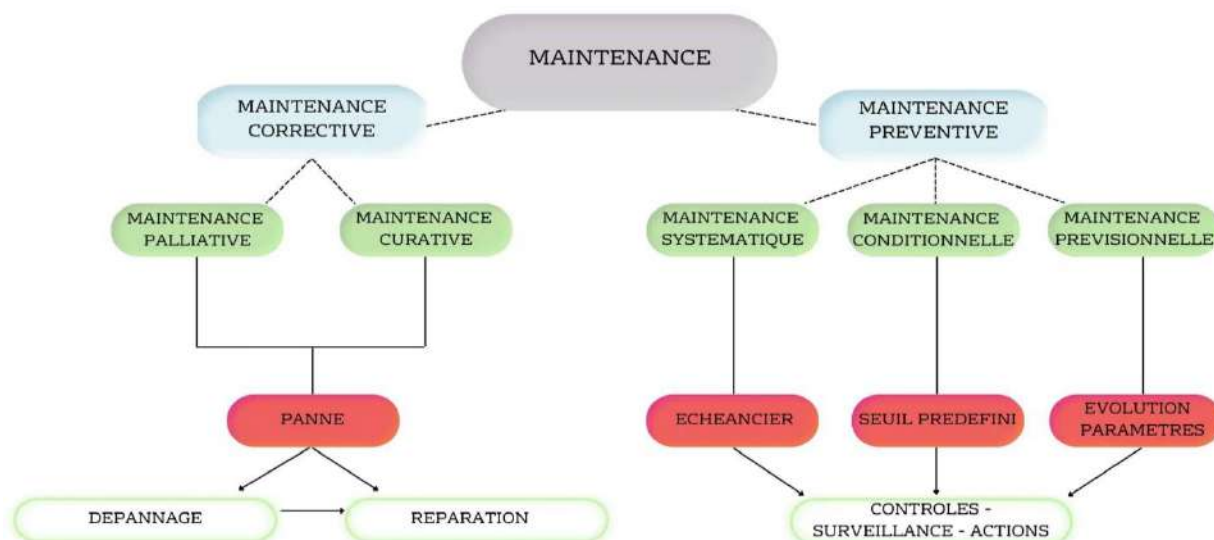


Figure N°2.2 : les types de maintenance

### 3.3- Objectifs de la maintenance :

Assurer le maintien (disponibilité) des équipements de production et diminuer les pannes car ces dernières occasionne :

- Coûts de maintenance (intervention)
- Coûts d'indisponibilité (non production)
- Problèmes de sécurité (biens et personnes)

La maintenance intègre également :

- Amélioration de la sécurité des biens et des personnes,
- Intégration de nouveaux biens,
- Organisation des activités de maintenance,
- L'animation et l'encadrement des équipes d'intervention. [13]

## **4- Qualité :**

### **4.1- Définition :**

Toutes les entreprises travaillent autour de la qualité. Que ce soit pour la vente de produit ou de service, la qualité est omniprésente.

En entreprise la notion de qualité vient du taylorisme, mouvement qui prône la « meilleure façon de produire ». Les entreprises veulent produire un produit ou un service de qualité et qui réponde à la demande et aux besoins des consommateurs.

Dans une entreprise, la gestion de la qualité concerne aussi bien l'organisation que la production.

Au sein d'une entreprise, la gestion de la qualité a plusieurs composantes :

- Démarche qualité,
- Système qualité,
- Audit qualité,
- Contrôle qualité,
- Assurance qualité,
- Charte qualité.[14]

### **4.2- Management de la qualité :**

En management, les théories sur la qualité sont apparues avec la révolution industrielle et la mise en place des organisations taylorienne et fordienne. Alors que l'artisan avait une parfaite maîtrise de la qualité du produit qu'il fabriquait, l'arrivée de la production de masse a nécessité de faire du contrôle qualité une fonction autonome.

La qualité et le management de la qualité sont notamment normalisés à travers la série des normes ISO 9000.

La qualité s'appuie sur sept principes de management. Ils permettent de garantir aux organisations la maîtrise de leurs processus de fabrication mais aussi le pilotage et les fonctions supports. Les sept principes sont déclinés par l'ISO :

- ✓ Orientation client,
- ✓ Leadership,
- ✓ Implication du personnel,
- ✓ Approche processus,
- ✓ Amélioration,

- ✓ Prise de décision fondée sur des preuves,
- ✓ Et management des relations avec les parties intéressées.[15]

## **5- Conclusion:**

Enfin, nous trouvons une relation directe entre l'étalonnage, la mesure, la maintenance, la qualité et la fiabilité.

# Chapiter n° :03 :

## L'étalonnage des instruments de mesure.

## CHAPITER N° :03

### Introduction :

L'étalonnage est un processus essentiel dans de nombreux domaines scientifiques et techniques. Il consiste à comparer et à ajuster les instruments de mesure utilisés pour garantir leur précision et leur fiabilité. L'étalonnage permet de s'assurer que les résultats obtenus à l'aide de ces instruments sont conformes aux normes et aux exigences établies.

L'étalonnage est couramment utilisé dans des domaines tels que la métrologie, la physique, la chimie, l'ingénierie, la médecine, la météorologie et l'industrie. Il est nécessaire pour garantir des mesures précises et fiables, ce qui est crucial pour la prise de décisions et la réalisation de tests et d'expériences.

### 1. Généralité sur les instruments de mesure :

#### 1.1- Capteur :

##### 1.1.1- Définition:

Un capteur est un dispositif qui détecte des informations provenant de l'environnement physique et y réagit. Les informations captées peuvent être de la lumière, de la chaleur, du mouvement, de l'humidité, de la pression ou de nombreux autres phénomènes environnementaux. La sortie est généralement un signal qui est converti en affichage lisible par l'opérateur à l'emplacement du capteur ou transmis par voie électronique sur un réseau pour être lu ou traité.[16]

##### 1.1.2- Les types de capteur :

###### 1.1.2.1- capteurs TOR (tout-ou-rien) :

Un capteur TOR (tout-ou-rien) est un capteur qui transforme un phénomène physique en signal électrique logique.

Un signal électrique logique est un signal électrique qui ne peut prendre que deux valeurs. Ces deux valeurs sont nommés états hauts et état bas.

L'état haut correspond souvent à la tension la plus haute que peut prendre le signal, communément 3,3 V ou 5 V, et l'état bas correspond à la tension la plus basse, communément 0 V.

###### 1.1.2.2- capteurs numériques :

Un capteur numérique fournit un signal numérique proportionnel à la grandeur à mesurer.

Un capteur numérique est un capteur qui effectue successivement :

- La transduction d'un phénomène physique en signal électrique analogique ;
- La numérisation du signal analogique en signal logique.

Le signal logique produit n'est pas un simple signal binaire comme celui produit par les capteurs TOR : c'est un signal logique codé. Cela signifie qu'il utilise un langage, appelé norme ou

protocole de communication, pour transmettre sous forme binaire une information complexe comme un nombre, une lettre, un mot, un texte complet, etc.

### 1.1.2.3- capteurs analogiques :

Un capteur analogique fournit un signal électrique analogique qui est proportionnel à la grandeur physique mesurée.

Un signal électrique analogique est un signal électrique qui peut prendre toutes les valeurs possibles entre une valeur minimale et une valeur maximale.

L'opération de transformation s'appelle la transduction. La tension du signal sera directement liée à la valeur du phénomène physique capturé.[17]

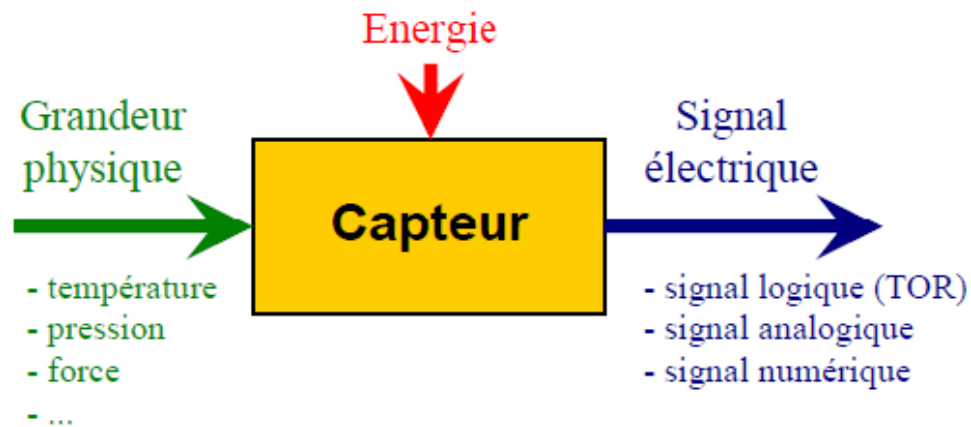


Figure N° 3.1 : Le travail de capteur

### 1.1.3- Des Exemples:

- Capteur de niveau de liquide : C'est un capteur qui permet de détecter le niveau d'un liquide. On peut l'utiliser par exemple dans un réservoir d'essence pour connaître son niveau.
- Capteur d'humidité : Ce capteur permet de détecter le niveau d'humidité. On peut l'utiliser dans une pièce contenant des aliments susceptible de moisir à cause de l'humidité.
- Détecteur de gaz : Comme son nom l'indique, ce détecteur est capable de détecter la présence de gaz. Ce capteur est très pratique puisque comme vous le savez, les fuites de certains gaz, dans une maison, peuvent être mortelles.[18]

### 1.1.4- L'étalonnage d'un capteur :

Par exemple l'étalonnage de capteur de force :

- L'identification du capteur de force et de l'instrumentation associée au capteur, y compris les câbles de liaison
- Le sens de sollicitation du capteur de force : Traction et / ou Compression
- La nature et les caractéristiques des interfaces mécaniques utilisées pour appliquer les forces
- Le domaine d'étalonnage défini par les forces maximales et minimales appliquées
- L'application de charges croissantes uniquement ou croissantes et décroissantes
- Les conditions de mise en charge du capteur de force :
  - Précharges éventuelles
  - Temps d'attente pour stabiliser la force
  - Temps de relaxation entre deux séries de charge
  - Etc.
- L'incertitude d'étalonnage ou la classe de précision recherchée.[19]



Figure N° 3.2 :Calibrateur de pression



## 1.2- Pied à coulisse:

### 1.2.1- Définition:

Le pied à coulisse est un outil de mesure permettant d'apprécier différentes dimensions (extérieures, intérieures et profondeurs). Il se compose de deux parties graduées, l'une fixe et l'autre coulissante. En mécanique, cet instrument est utilisé pour mesurer le diamètre d'un alésage, les cotes extérieures d'une pièce, les espacements et les épaisseurs d'une pièce.[20]

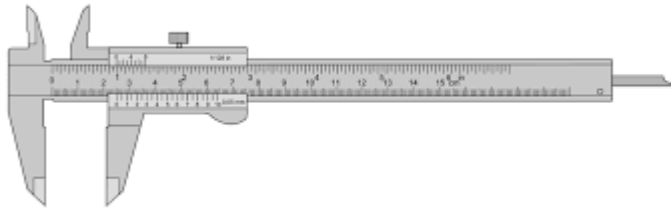


Figure N° 3.3: pied a coulisse

### 1.2.2- L'étalonnage de Pied à coulisse :

L'étalonnage d'un pied à coulisse consiste à vérifier et ajuster la précision des mesures effectuées par l'outil. Cela est important pour s'assurer que les mesures sont fiables et précises.

Voici les étapes à suivre pour étalonner un pied à coulisse :

2. Vérifier l'état général du pied à coulisse : Vérifiez que l'outil n'est pas endommagé, que les graduations sont lisibles et que les mâchoires sont propres.
3. Vérifier la mesure "zéro" : Fermez les mâchoires du pied à coulisse et vérifiez que l'affichage indique zéro. Si ce n'est pas le cas, ajustez le zéro à l'aide du bouton de réglage.
4. Vérifier la précision des mesures : Utilisez un étalon de mesure connu pour vérifier la précision des mesures du pied à coulisse. Si l'affichage indique une valeur incorrecte, ajustez le pied à coulisse en utilisant les boutons de réglage.
5. Répéter la vérification : Répétez les étapes 2 et 3 plusieurs fois pour vous assurer que le pied à coulisse est correctement étalonné.
6. Vérifier la stabilité des mesures : Vérifier la stabilité des mesures en effectuant des mesures sur plusieurs points différents de l'étalon de mesure. Les valeurs mesurées doivent être cohérentes et précises.
7. Noter les résultats : Notez les résultats de l'étalonnage dans un registre d'étalonnage pour vous assurer que le pied à coulisse est étalonné régulièrement et que les mesures sont fiables et précises.

Il est recommandé d'étalonner régulièrement les pieds à coulisse pour s'assurer qu'ils restent précis et fiables. [21]

### **1.3- Clé dynamométrique :**

#### **1.3.1- Définition :**

La clé dynamométrique est un outil de précision indispensable à tous travaux mécaniques, pour obtenir un résultat fiable et de qualité. Cette clé dynamométrique permet de contrôler et régler le serrage des boulons, vis et écrous.

Et la clé dynamométrique permet de contrôler le couple de serrage des vis, écrous et boulons. Si certains prodiges de la mécanique jaugent le degré de serrage à la force qu'ils mettent dans l'œuvre, cela reste imprécis. Sur des actions peu délicates, l'impact sera minime, bien qu'à long terme cela puisse endommager considérablement la pièce mécanique, les vis et écrous. En résumé, la clé dynamométrique est très importante pour éviter toute détérioration ou casse sur les différentes pièces de serrage. Elle permet donc ne pas endommager vos filetages et/ou vos joints en attribuant le serrage nécessaire pour chaque organe de votre véhicule. Pour résumé serrer trop faiblement peut entrainer un desserrage, et trop fort, peut entrainer des déformations voir de la casse.

La clé dynamométrique est un instrument de précisé la mesure.[22]



Figure N° 3.4 : clé dynamométrique

#### **1.3.2- Les types de clés dynamométrique :**

On distingue différents modèles de clé dynamométrique adaptés aux besoins d'un mécanicien amateur comme du professionnel :

➤ Les clés à déclenchement :

Elles sont à valeur fixe ou réglable et indiquent quand la valeur souhaitée est atteinte grâce à un signal sensitif et/ou auditif, ce qui permet de serrer sans devoir contrôler en même temps le couple. Ce sont les plus faciles d'utilisation. Il existe des versions équipées d'un cliquet réversible, pour plus de rapidité et de facilité dans les zones à faible accessibilité.

LES + : pratique, utilisation aisée dans les endroits inaccessibles ou à luminosité faible, rapidité grâce au cliquet

➤ Les clés à lecture directe :

Elles affichent la valeur en cours pendant le serrage. Si elles ont l'avantage d'être fiables, ce ne sont pas les plus pratiques puisqu'elles nécessitent de contrôler la valeur de la jauge tout en effectuant le serrage.

LES + : fiable, robuste, prix accessible

LES - : moins facile d'utilisation dans certaines conditions

➤ Clé-dynamo-électronique :

Comportent un afficheur et un clavier associés à une jauge de contrainte qui déclenchent un « buzzer » avertissant l'utilisateur quand le serrage est suffisant.

LES + : très pratique et facile d'utilisation, extrêmement précis, fiable

LES - : prix plus élevé

➤ Le tournevis dynamométrique :

Le couple est ici exprimé en centi newton-mètre : il est très pratique pour les pièces nécessitant un faible couple de serrage.

LES + : rapidité, facilité d'utilisation

LES - : pas universel, ne convient pas pour les couples élevés

➤ Les clés à assistance hydraulique :

Ces clés sont utilisées pour les serrages nécessitant un couple très important.[23]

### **1.3.3- La maintenance préventive d'une clé dynamométrique :**

La maintenance préventive d'une clé dynamométrique est essentielle pour garantir son bon fonctionnement et sa précision. Voici quelques étapes générales que vous pouvez suivre pour effectuer la maintenance préventive d'une clé dynamométrique :

- Nettoyage : Commencez par nettoyer soigneusement la clé dynamométrique pour éliminer la saleté, les particules et les résidus qui pourraient affecter son fonctionnement. Utilisez un chiffon propre et sec pour essuyer la surface de la clé et assurez-vous de ne pas laisser de contaminants pénétrer dans les mécanismes internes.

- Vérification visuelle : Examinez la clé dynamométrique pour détecter d'éventuels dommages, tels que des fissures, des éraflures ou des pièces desserrées. Assurez-vous que toutes les parties mobiles fonctionnent correctement et que les indicateurs de couple sont clairs et lisibles.
- Étalonnage : Il est recommandé de procéder à l'étalonnage régulier de la clé dynamométrique pour garantir sa précision. Référez-vous aux spécifications du fabricant pour connaître la fréquence recommandée d'étalonnage et suivez les procédures d'étalonnage appropriées.
- Lubrification : Certains modèles de clés dynamométriques nécessitent une lubrification régulière des mécanismes internes. Consultez le manuel d'utilisation ou les instructions du fabricant pour connaître les recommandations spécifiques en matière de lubrification. Utilisez des lubrifiants adaptés et évitez d'en appliquer trop, car cela pourrait entraîner des erreurs de couple.
- Stockage approprié : Lorsque la clé dynamométrique n'est pas utilisée, il est important de la stocker correctement. Protégez-la de la saleté, de l'humidité et des variations de température excessives. Utilisez des étuis de rangement appropriés pour éviter les chocs et les dommages.
- Formation et utilisation adéquate : Assurez-vous que les opérateurs de la clé dynamométrique sont formés à son utilisation correcte. Une utilisation inappropriée peut entraîner des dommages ou des erreurs de mesure. Respectez les limites de couple spécifiées par le fabricant et évitez de surcharger la clé dynamométrique.

Il est important de noter que ces étapes générales peuvent varier en fonction du modèle spécifique de la clé dynamométrique et des recommandations du fabricant. Il est donc toujours préférable de consulter le manuel d'utilisation ou de contacter le fabricant pour obtenir des instructions détaillées sur la maintenance préventive de votre clé dynamométrique.[21]

#### **1.3.4- L'étalonnage de clé dynamométrique :**

- ✓ Dans cette application, un couple-mètre (série TDF600) est fixé sur support et couplé à une dynamique pour un adaptateur mâle/femelle.
- ✓ Les capteurs de couple statique sont souvent utilisés pour l'étalonnage de clés dynamométriques.
- ✓ Lorsque l'opérateur manipule la clef, le capteur de couple de réaction mesure le couple appliqué.
- ✓ Les mesures sont envoyées directement à un instrument de mesure adapté (indicateur numéro IMP650 ou IHH500, ou système USB210). Les données peuvent être affichées sur un indicateur numérique, réduites sur un PC.
- ✓ Lorsque les données présentent une anomalie, la clé dynamique peut avoir besoin d'être recalibrée.
- ✓ Tout capteur est sujet à des erreurs de mesure. Ses incertitudes structurelles sont simplement la différence algébrique entre la valeur indiquée par la sortie du capteur et la valeur réelle de la variable mesurée, ou les charges de référence connues. Les erreurs de mesure peuvent être causées par de nombreux facteurs :
  - Décalage du zéro (ou équilibrage du zéro de la cellule de charge)

- Linéarité (ou non-linéarité)
- Hystérésis
- Répétabilité (ou non-répétabilité)
- Décalage en température de l'étalonnage et du zéro[24]



Figure N° 3.5 :Capteur et banc d'étalonnage de clé dynamométrique

## 2- Clé dynamométrique électronique:

### 2.1- Définition:

Réservée à l'usage en travaux de mécaniques et très utilisée dans les sports mécaniques, une clé dynamométrique électronique est un outil de serrage de précision. Elle est employée lorsqu'une simple clé ne suffit pas à produire un serrage optimal. Certaines pièces du moteur d'un véhicule nécessitent en effet l'application d'un couple de serrage bien défini, au millimètre près. C'est ici qu'intervient l'utilité d'une clé dynamométrique électronique qui permet un serrage optimal.

Ne pas respecter le couple de serrage de certaines pièces de votre moteur peut contribuer à user et à endommager ce dernier. De même, un serrage inadapté peut résulter dans la baisse des performances de votre véhicule et dans la production de bruits et de claquements dans le moteur.

Une clé dynamométrique électronique est équipée d'un écran et produit un signal sonore lorsque le serrage d'une pièce mécanique est optimal. En raison de leurs caractéristiques techniques pointues, ces clés sont généralement parmi les plus chères du marché. Leur prix, selon les fabricants et le type de clé, peut aisément atteindre les 1500 euros. Des modèles de moyenne gamme sont disponibles à partir de 100 euros.[25]



Figure N° 3.6 : clé dynamométrique électronique

## 2.2- L'étalonnage de clé dynamométrique électronique :

L'étalonnage d'une clé dynamométrique électronique est une étape importante pour garantir la précision de ses mesures. L'étalonnage consiste à comparer les lectures de la clé dynamométrique avec des valeurs de référence connues afin de déterminer et de corriger les éventuelles erreurs de mesure.

Voici les étapes générales à suivre pour l'étalonnage d'une clé dynamométrique électronique :

- ✓ **Vérification préliminaire** : Avant de commencer l'étalonnage, assurez-vous que la clé dynamométrique est en bon état de fonctionnement, propre et que les batteries sont suffisamment chargées.
- ✓ **Choix des valeurs de référence** : Sélectionnez des valeurs de couple connues et précises, qui couvrent la plage de mesure de la clé dynamométrique. Vous pouvez utiliser un étalon certifié ou une autre clé dynamométrique de confiance pour cela.
- ✓ **Réglage initial** : Assurez-vous que la clé dynamométrique est réglée sur zéro ou sur la valeur de couple minimale avant de commencer l'étalonnage.
- ✓ **Comparaison avec les valeurs de référence** : Appliquez progressivement les valeurs de couple de référence à la clé dynamométrique et comparez les lectures affichées avec les valeurs de référence. Notez les écarts de mesure.
- ✓ **Correction des écarts** : Si des écarts significatifs sont observés, ajustez la clé dynamométrique en fonction des écarts constatés. Certaines clés dynamométriques électroniques peuvent être étalonnées en utilisant des réglages internes ou des paramètres spécifiques. Référez-vous au manuel d'utilisation du fabricant pour obtenir des instructions détaillées sur la procédure de correction.

- ✓ **Répétition des mesures** : Après avoir effectué les ajustements, répétez les mesures de comparaison avec les valeurs de référence pour vérifier si les écarts ont été corrigés. Si nécessaire, répétez les ajustements jusqu'à obtenir des mesures précises.
- ✓ **Validation finale** : Une fois que les mesures affichées par la clé dynamométrique correspondent de manière satisfaisante aux valeurs de référence, effectuez une dernière vérification pour confirmer l'exactitude de l'étalonnage.

Il est recommandé de faire étalonner régulièrement les clés dynamométriques électroniques par un laboratoire d'étalonnage accrédité pour assurer la précision continue de leurs mesures.[21]

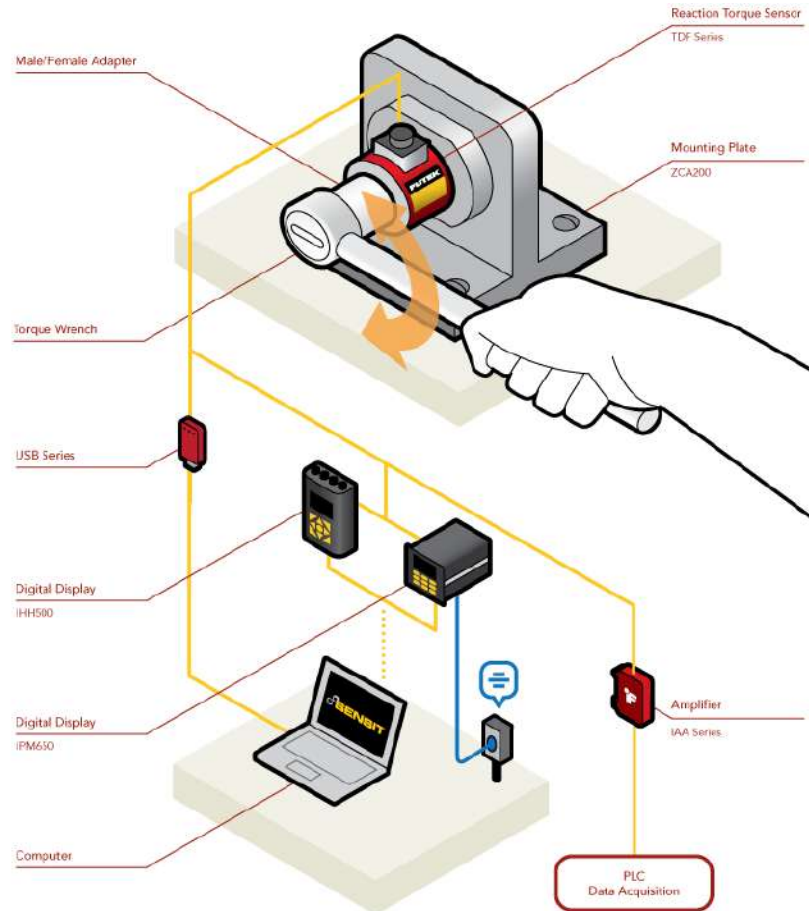


Figure N° 3.7 :l'étalonnage de clé dynamométrique

### 3- Les effets de mauvais étalonnage de clé dynamométrique :

Un mauvais étalonnage d'une clé dynamométrique peut avoir plusieurs effets indésirables, notamment :

- **Précision inexacte** : L'étalonnage précis d'une clé dynamométrique est essentiel pour garantir une mesure précise de la force de serrage. Un mauvais étalonnage peut entraîner une précision inexacte, ce qui signifie que la force mesurée ne correspondra pas à la force réelle appliquée. Cela peut entraîner des problèmes de serrage insuffisant ou excessif, ce qui peut avoir des conséquences graves.
- **Serrage insuffisant** : Si la clé dynamométrique est mal étalonnée et sous-estime la force de serrage, les écrous, boulons ou autres fixations ne seront pas suffisamment serrés. Cela peut entraîner un desserrage prématuré des fixations, des fuites, des défaillances mécaniques ou des risques de sécurité.
- **Serrage excessif** : À l'inverse, un mauvais étalonnage peut surestimer la force de serrage. Cela peut entraîner un serrage excessif des fixations, ce qui peut endommager les composants, provoquer des fractures ou des déformations, ou même causer des fuites ou des défaillances.
- **Durée de vie réduite des outils et des pièces** : Un mauvais étalonnage peut entraîner une utilisation inappropriée de la clé dynamométrique, ce qui peut exercer une contrainte excessive sur les outils et les pièces. Cela peut entraîner une usure prématurée, une déformation ou une rupture des composants, réduisant ainsi leur durée de vie.
- **Non-conformité aux normes et aux réglementations** : Dans certains domaines, tels que l'aéronautique, l'automobile ou l'industrie médicale, il peut exister des normes et des réglementations strictes concernant l'étalonnage des outils de serrage. Un mauvais étalonnage peut entraîner une non-conformité à ces normes, ce qui peut avoir des conséquences légales, réglementaires ou de conformité.[21]

### 4- Les effets de bon étalonnage de clé dynamométrique :

Le bon étalonnage d'une clé dynamométrique est essentiel pour garantir la précision et la fiabilité des mesures de couple qu'elle effectue. Voici quelques effets importants d'un bon étalonnage :

- **Précision des mesures** : Une clé dynamométrique étalonnée correctement fournit des mesures précises du couple appliqué. Cela permet d'obtenir des résultats fiables lors de l'assemblage de pièces ou de l'application d'un couple spécifique. Un étalonnage précis garantit que les valeurs affichées sur la clé correspondent au couple réellement appliqué.
- **Conformité aux normes** : Dans de nombreux secteurs industriels, il existe des normes spécifiques régissant l'utilisation des clés dynamométriques. Un étalonnage régulier est souvent requis pour se conformer à ces normes. Par exemple, dans l'industrie automobile, il est courant d'étalonner les clés dynamométriques conformément aux spécifications des fabricants de véhicules.
- **Sécurité** : Une clé dynamométrique incorrectement étalonnée peut entraîner des problèmes de sécurité. Si le couple appliqué est trop faible, les pièces peuvent ne pas être



correctement serrées, ce qui peut entraîner des défaillances ou des fuites. À l'inverse, un couple excessif peut endommager les composants ou provoquer des défaillances prématurées. Un étalonnage adéquat de la clé dynamométrique garantit que les valeurs de couple sont correctes, réduisant ainsi les risques d'accidents ou de défaillances.

- **Durée de vie prolongée des équipements** : L'utilisation d'une clé dynamométrique étalonnée correctement aide à éviter les contraintes excessives sur les pièces mécaniques. Un couple de serrage incorrect peut endommager les filetages, les joints ou les composants sensibles. En appliquant le bon couple, conformément aux spécifications du fabricant, on peut prolonger la durée de vie des équipements.
- **Confiance dans les résultats** : Lorsque vous utilisez une clé dynamométrique étalonnée, vous pouvez avoir confiance dans les résultats obtenus. Cela est particulièrement important dans les industries où la précision et la qualité sont essentielles, telles que l'aérospatiale, l'industrie pétrolière et gazière, ou encore la construction automobile.

Il est recommandé d'étalonner régulièrement les clés dynamométriques pour maintenir leur précision. La fréquence d'étalonnage dépendra de l'utilisation, de la précision requise et des recommandations du fabricant.[21]

### **Conclusion :**

En conclusion, l'étalonnage joue un rôle crucial dans la garantie de la précision des mesures, la conformité aux normes et la fiabilité des résultats. Il est donc essentiel de mettre en place des procédures d'étalonnage appropriées pour assurer des mesures précises et fiables, contribuant ainsi à la qualité et à la sécurité des produits et des processus.

## **Conclusion générale :**

En conclusion, ce mémoire d'étude a exploré le thème de la métrologie et de l'étalonnage, ainsi que sa relation étroite avec la maintenance. La métrologie, qui consiste à mesurer avec précision et fiabilité, est essentielle dans de nombreux domaines tels que l'industrie, la recherche scientifique et la santé. L'étalonnage, quant à lui, est un processus permettant de vérifier et d'ajuster les instruments de mesure afin d'assurer leur exactitude et leur traçabilité.

L'une des conclusions principales de cette étude est que la métrologie et l'étalonnage sont des éléments clés de la maintenance efficace des équipements. En maintenant les instruments de mesure dans un état de calibration précis, il est possible de garantir des résultats fiables tout au long du cycle de vie des équipements. Cela permet de prendre des décisions éclairées, d'optimiser les processus de production et de minimiser les risques liés aux erreurs de mesure.

De plus, il a été démontré que la métrologie et l'étalonnage contribuent à la réduction des coûts de maintenance. En assurant la précision des instruments de mesure, il est possible de détecter les dérives et les anomalies plus rapidement, ce qui permet d'effectuer des interventions de maintenance préventive plutôt que corrective. Cela conduit à une réduction des temps d'arrêt imprévus, des coûts de réparation et des perturbations dans les opérations.

Il est également important de souligner que la métrologie et l'étalonnage sont des domaines en constante évolution, en raison des avancées technologiques et des normes internationales. Il est donc crucial de maintenir une veille technologique et de s'adapter aux nouvelles exigences en matière de métrologie et d'étalonnage. Cela nécessite des ressources humaines qualifiées, des équipements adéquats et des processus robustes.

En conclusion, la métrologie et l'étalonnage jouent un rôle essentiel dans la maintenance efficace des équipements. Leur relation étroite garantit des mesures précises, une optimisation des processus et une réduction des coûts de maintenance. Il est donc recommandé aux organisations de mettre en place des programmes de métrologie et d'étalonnage solides, intégrés à leurs activités de maintenance, afin d'assurer la fiabilité et la performance de leurs équipements.

## Les références:

- [1] <https://www.cital-dz.com/> (accessed. 30-05-2023)
- [2] K. A. e. B. Omar, "Study of tramway thermal comfort in OUARGLA city," Mechanical engineering KASDI MERBAH OUARGLA, 2018/2019.
- [3] "Métrologie." <https://www.larousse.fr/> (accessed. 30-05-2023)
- [4] M. B. Ali, "La métrologie en Algerie," OUARGLA, 2007.
- [5] "les principe de métrologie." <https://www.legarrec.com/entreprise/metrologie/> (accessed. 30-05-2023)
- [6] "les types de métrologie." <https://sepmetrologie.com/2021/01/06/quels-sont-les-types-de-metrologie/> (accessed 30-05-2023)
- [7] "les normes de métrologie." (<https://fr.rs-online.com/web/content/blog-discovery/conception-electronique/normes-iso-metrologie> (accessed. 30-05-2023)
- [8] "les erreurs de mesure." (<https://www.keyence.fr/ss/products/measurement-sys/measurement-selection/basic/error.jsp> (accessed. 30-05-2023)
- [9] "définition de l'étalonnage." (<https://www.usinenouvelle.com/expo/guides-d-achat/etalonnage-des-instruments-de-mesure-753#:~:text=Le%20Comit%C3%A9%20Fran%C3%A7ais%20d'Accr%C3%A9ditation> (accessed. 30-05-2023)
- [10] B. T. E. e. B. Bilal, "Bureau de méthodes de maintenance," Génie mécanique, KASDI Merbah OUARGLA, OUARGLA, 2015/2016.
- [11] "maintenance préventive." (<https://mobility-work.com/fr/blog/maintenance-preventive/#:~:text=La%20maintenance%20pr%C3%A9ventive%2C%20ou%20mainten> (accessed. 30-05-2023)
- [12] "maintenance corrective." (<https://www.spectraltms.com/blog/quest-ce-que-la-maintenance-corrective#:~:text=La%20maintenance%20corrective%20est%20la> (accessed. 31-05-2023)
- [13] O. M. e. N. M. Mokhtar, "Etude maintenance préventive d'un turbocompresseur par analyse des huiles," Génie mécanique, KASDI Merbah, OUARGLA, 2013/2014.
- [14] "définition." (<https://qualite.ooreka.fr/comprendre/definition-qualite> (accessed. 31-05-2023)
- [15] "management de qualité." (<https://fr.wikipedia.org/wiki/Qualit%C3%A9> (accessed. 31-05-2023)
- [16] "définition de capteur." (<https://www.lemagit.fr/definition/capteur> (accessed. 31-05-2023)
- [17] "les types de capteur." (<https://www.maxicours.com/se/cours/acquerir-l-information---les-differents-capteurs/#:~:text=Il%20y%20a%20trois%20familles> (accessed. 31-05-2023)
- [18] "exemples." (<http://c.herblot.free.fr/cours42009/portail/capteur/capteurs.htm> (accessed. 31-05-2023)
- [19] "étalonnage d'un capteur." (<https://www.sensy.com/fr/technologie/etalonnage/calibration-capteur-de-force-etalon> (accessed. 31-05-2023)

- [20] "définition de pied a coulisse "  
(<https://www.linternaute.fr/dictionnaire/fr/definition/pied-a-coulisse/>) (accessed. 31-05-2023
- [21] "l'étalonnage de pied a coulisse." chat GPT (accessed. 31-05-2023
- [22] "définition clé dynamométrique." (<https://www.oreca-store.com/blog/tutoriels-cat/a-quoi-sert-une-cle-dynamometrique/>) (accessed. 31-05-2023
- [23] "les types de clé dynamométrique." <https://www.oreca-store.com/blog/tutoriels-cat/a-quoi-sert-une-cle-dynamometrique/> (accessed. 31-05-2023
- [24] "l'étalonnage de clé dynamométrique." (<https://sensel-measurement.fr/fr/blog/verification-de-clef-dynamometrique-n25#:~:text=L'%C3%A9talonnage%20d'une%20cl%C3%A9>) (accessed. 31-05-2023
- [25] "définition de clé dynamométrique électronique." (<https://www.bricoleuse-en-herbe.com/cel-dynamometrique-electronique/#Quest-ce-que-une-cle-dynamometrique-electronique>) (accessed. 31-05-2023