

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique

UNIVERSITE DE SAAD DAHLAB- BILDA  
FACULTE DES SCIENCE DE L'INGENIEUR  
DEPARTEMENT DE CONSTRUCTION AERONAUTIQUE



Projet de fin d'études  
en vue d'obtention du diplôme  
des études universitaires appliquées en AERONAUTIQUE  
Option : propulsion

### THEME

OPTIMISATION DES PARAMETRES DE  
CONTROLE DU MAGNETOSCOPE  
PAR PASSAGE DE COURANT (TIED) DANS  
LE CONTROLE PAR MAGNETOSCOPE

Proposé par :

- Mr MOURAD ZERGOUG

Co- promotrice :

- Melle BOUDJELLAL HAYET

Présenté par :

Mr MALEK ABDELKRIM

Mr SELLAM KAMEL

## Dédicaces

*Je dédie ce travail à  
A ma chère mère qui ma bien encouragé et aide  
A mes frères et sœurs , pour leur compréhension  
A tous mes amis (es) , pour leur appui.*

*ABDELKRIM*

## Dédicaces

*Je dédie ce travail à  
A mes chères mère qui ma bien encouragé et aide  
A ma sœur , pour leur compréhension  
A tous mes amis (es) , pour leur appui.*

KAMEL

# Remerciements

Nous remercions le bon Dieu et toutes les personnes qui ont apporté leurs aides pour réaliser ce travail.

Nous tenons à remercier tout particulièrement :

- M. ZERGOUG Mourad chef de laboratoire d'électronique et électrotechnique de Chéraga notre promoteur de nous avoir bien dirigé et aidé.
- Melle Boudjellel Hayet notre copromotrice de nous aidé durant le stage.
- Haciène Mohamed qui a été pour nous guide bien qualifié à chaque fois qui nous avons besoin.
- L'ensemble du personnel du laboratoire de l'électronique et l'électrotechnique de C S C, chercheur et employés, en particulier : HACIENE MOH, IDRISSE, MESSAOUD, NACER, AHMED, SOUAD, RACHID, AMIROUCHE, ainsi que HASSIBA.
- Le groupe du personnel d'atelier H400 service contrôle non destructif d'air Algérie, Mr BELABBES Said, chef de service contrôle non destructif, LAKHDAR, MOHAMED, RIAD, SID, AHMED, ET HOCINE

Nous tenons aussi à remercier tous ceux qui ont contribué de près comme de loin afin que ce travail soit un travail de qualité.

Et finalement un grand merci à tous les enseignants de département D'Aéronautique de Blida qui ont assuré notre formation durant ces trois années.

# Sommaire

|  |    |
|--|----|
| Introduction-----  | 1  |
| <b>Chapitre I : Généralité sur contrôle non destructif</b>   |    |
| I-1. Examen visuel -----   | 2  |
| I-1-2. Eclairage -----   | 2  |
| I-2. Ressuage-----   | 3  |
| I-3. courants de foucault-----   | 4  |
| I-3-1. Méthode d'exploitation -----  | 4  |
| I-3-2. Sensibilité du contrôle par courant de foucault -----   | 4  |
| I-4 Ultrasons -----  | 5  |
| I-4-1 Différents types d'ondes -----   | 5  |
| I-5 Radiographie -----   | 6  |
| I-6 Magnétoscopie-----   | 6  |
| <br>   |    |
| <b>Chapitre II : Principe physique de magnétisation</b>  |    |
| Historique de la méthomagnétoscopie -----  | 7  |
| II-1. Rappels théoriques-----  | 9  |
| II-1-1. flux magnétique -----  | 9  |
| II-1-2. l'induction magnétique-----  | 9  |
| II-1-3. les possibilités de création d'un champ magnétique-----  | 10 |
| II-1-3-1. champ magnétique crée par élément de courant-----  | 10 |
| II-1-3-1-1. Induction due à un électron en mouvement -----   | 10 |
| II-1-3-1-2. Induction d'un solénoïde en point de son axe -----   | 10 |
| II-1-3-1-3. Induction d'un tore électromagnétique en un point<br>de sa ligne d'induction moyenne ----- | 10 |
| II-2-1. principe physique de la magnétoscopie-----   | 11 |
| II-2-2. méthode d'aimantation-----   | 12 |
| II-2-2-1. magnétisation circulaire ou transversale-----  | 12 |
| II-2-2-1-1. magnétisation par circulation directe de courant-----                                      | 12 |
| II-2-2-1-2. magnétisation par circulation indirect de courant-----                                     | 13 |
| II-2-2-1-3. magnétisation par circulation de courant localisée-----                                    | 14 |
| II-2-2-2. Magnétisation longitudinale-----   | 15 |
| II-2-2-2-1. Magnétisation par solénoïde-----   | 15 |
| II-2-2-2-2. Magnétisation par électro-aimant-----  | 17 |
| II-2-3. Magnétisation combine-----   | 18 |
| II-2-3-2 Méthode d'aimantation combinée à champ oscillant-----   | 18 |
| II-2-4. méthode d'aimantation des pièces-----  | 19 |
| II-2-4-1. formes de courant -----  | 20 |
| II-2-4-2. courant alternatif sinusoïdal monophasé-----   | 20 |
| II-2-4-3. courant monophasé redressé une alternance-----   | 21 |

|   |    |
|---|----|
| II-2-4-5.courant monophasé redressé deux alternances-----       | 22 |
| II-2-4-6.courant triphasé redressé une alternance-----          | 22 |
| II-2-5.choix de courant-----                                    | 23 |
| II-2-5-2. magnétisation circulaire ou transversale-----         | 24 |
| II-2-5-3. magnétisation longitudinal-----                       | 24 |
| II-2-6. Révélateurs -----                                       | 25 |
| II-2-6-1.Révélateurs en poudre-----                             | 25 |
| II-2-6-2. Révélateurs liquide-----                              | 25 |
| II-2-7. Contrôle de la sensibilité de détection -----           | 25 |
| II-2-7-1 Témoins de magnétisation-----                          | 25 |
| II-2-7-2.Mesureurs de champ tangentiel-----                     | 26 |
| II-2-8.Magnétisation permanente et magnétisation rémanente----- | 27 |
| II-2-9.Démagnétisation -----                                    | 28 |

### Chapitre III :Résultats et interprétation

|  |    |
|--|----|
| III-1.Preparation des pièces et des défauts étalons----- | 30 |
| III-1-1.Procédure de préparation des pièces-----         | 30 |
| III-1-1-1.Decoupage -----                                | 30 |
| III-1-1-2.Rectification -----                            | 30 |
| III-1-1-3.Usinages-----                                  | 30 |
| III-1-2. Equipement -----                                | 30 |
| III-2. Procédure expérimental-----                       | 32 |
| III-2-1.Type d'aimantation -----                         | 32 |
| III-2-1-1.La méthode indirecte-----                      | 32 |
| III-2-2. La méthode directe-----                         | 32 |
| III-2-2-1.Contrôle avec la bobine-----                   | 32 |
| III-3-3.Alimentation avec électro-aimant-----            | 56 |
| Commentaires-----  | 60 |

### Chapitre IV : Inspection par magnétoscopie en aéronautique

|   |    |
|---|----|
| Bilan des pièce contrôle par magnétoscopie au cours<br>de l'année 200 ----- | 65 |
| Exemple du contrôle par magnetoscopie-----                                  | 67 |
| Conclusion-----   | 71 |
| Annexes-----  | 72 |
| Bibliographie-----  | 79 |

# La liste des figures

|   |    |
|---|----|
| Figure I-1 : Eclairage directif et observation dans<br>Une direction proche de la réflexion spéculaire----- | 3  |
| Figure I-2 : Schéma radiographique-----   | 6  |
| Figure II-1 : Principe de la magnétoscopie-----   | 11 |
| Figure II-2 : Magnétisation par direction directe de courant-----   | 12 |
| Figure II-3 : Magnétisation par circulation directe de courant-----   | 13 |
| Figure II-4 : Magnétisation par circulation indirecte de courant-----                                       | 13 |
| Figure II-5 : Magnétisation par circulation indirecte de courant-----                                       | 14 |
| Figure II-6 : Magnétisation par circulation de courant localisée-----                                       | 14 |
| Figure II-7 : Magnétisation par circulation de courant localisée-----                                       | 15 |
| Figure II-8 (A et B) : Magnétisation par solénoïde -----  | 16 |
| Figure II-9 : Magnétisation par électro-aimant-----   | 17 |
| Figure II-10 : Magnétisation par électro-aimant-----  | 17 |
| Figure II-11 : Magnétisation combinée-----  | 18 |
| Figure II-12 (A et B) : Méthode d'aimantation combinée à<br>champ oscillant -----                           | 19 |
| Figure II-13 : courant monophasé redressé une alternance -----  | 21 |
| Figure II-14 : courant monophasé redressé une deux alternance-----  | 22 |
| Figure II-15 : profondeur d'un champ magnétique alternatif<br>En fonction de la fréquence-----              | 23 |
| Figure II-16 (A et B): Témoin de la magnétisation-----  | 26 |
| Figure II-17 (A et B) : Magnétisation permanente et<br>magnétisation rémanente-----                         | 27 |
| Figure II-17 (A et B) : Démagnétisation-----  | 29 |
| Figure III-1 : Méthode indirecte-----   | 34 |
| Figure III-2 : Méthode indirecte-----   | 38 |
| Figure III-3 : Méthode indirecte-----   | 39 |
| Figure III-4 : Méthode indirecte-----   | 41 |
| Figure III-5 : Méthode indirecte-----   | 43 |
| Figure III-6 : Méthode directe-----   | 45 |
| Figure III-7 : Méthode directe-----   | 47 |
| Figure III-8 : Méthode directe-----   | 49 |
| Figure III-8-1 : Méthode directe-----   | 50 |
| Figure III-9 : Méthode directe-----   | 57 |
| Figure III-10 : Méthode directe-----  | 59 |

## **Résumé**

*Ce travail consiste à faire une étude sur l'optimisation des paramètres de contrôle dans le contrôle par magnétoscopie.*

*C'est aussi de comprendre le principe du contrôle par magnétoscopie et maîtriser l'équipement reçu par le CSC qui concerne un magnétoscope (Tiede) permettant un passage du courant de 6000 A.*

*Les résultats obtenus par cet équipement sont satisfaisants dans la détection de tous les défauts par magnétoscopie.*

## **Summarize**

*This work consists in making a study on the optimisation of the parameters of control by video tape recording.*

*It is also to understand the principle of control by video tape recording and control the equipment received by the CSC which relates to a video tape recorder (Tiede) allowing a passage of the current of 6000 A.*

*The results obtained by this equipment are satisfactory in the detection of all the defects by video tape recording.*

# INTRODUCTION

## Introduction

L'essai non destructif est l'utilisation des méthodes physiques qui examinent les matériaux, les composants et les assemblages sans endommager leur future utilité et il permet de détecter toute anomalie dans une structure. Il permet en outre d'augmenter la durée de vie de cette dernière.

Toutes les méthodes de contrôle non destructif ont les caractéristiques communes suivantes:

- L'application d'un milieu d'essai au produit à examiner.
- Les changements du milieu d'essai ou des défauts dans la structure du produit.
- Moyens par lesquels il détecte ces changements.
- L'interprétation de ces derniers change pour obtenir des informations sur les anomalies dans la structure du produit.

Le contrôle non destructif joue un rôle important dans le contrôle de qualité d'un produit. Il est employé pendant toutes les étapes de la fabrication d'un produit.

Il est employé pour surveiller la qualité de:

- La matière première qui est employée dans la construction du produit.
- Processus de fabrication qui sont employés pour fabriquer le produit.
- Le produit fini avant la mise en service.

L'utilisation de contrôle non destructif pendant toutes les étapes de la fabrication a comme conséquence les avantages suivants:

- Elle augmente la sûreté et la fiabilité du produit lors du fonctionnement.
- Elle diminue le coût du produit en réduisant la chute et en conservant les matériaux, le travail et l'énergie.
- Elle augmente la réputation du fabricant comme produit des marchandises de qualité.

Notre travail consiste à maîtriser et optimiser la technique de contrôle par magnétoscopie dans le domaine aéronautique, pour cela on a étudié le comportement de la magnétoscopie sur un grand nombre de paramètres, à été réalisé, et cela pour faciliter à l'opérateur l'interprétation des résultats.

L'étude présentée dans ce mémoire sera divisée en des généralités sur le contrôle non destructif, principe physique de la magnétoscopie, l'inspection et l'interprétation, l'inspection par magnétoscopie en aéronautique et finalement une conclusion finale.

# Chapitre I

## GENERALITE SUR LE CONTROLE NON DESTRUCTIF

On regroupe sous le vocable essais non destructif ou encore contrôle non destructifs l'ensemble des techniques et procédures aptes à fournir des informations sur la santé d'une pièce ou d'une structure sans qu'il en résulte des altérations préjudiciables à leur utilisation ultérieure.

En ce sens, le non destructif apparaît comme un élément majeur du contrôle de qualité des produits.

Il se différencie de l'instrument de laboratoire et industrielle puisque l'objet est de détecter des hétérogénéités et anomalies plutôt que de mesurer des paramètres physiques tels que le poids ou les cotes d'une pièce.

## I-1. Examen visuel

L'examen visuel est le premier des procédés de contrôle, le plus simple et le général puisque c'est aussi le point final de la majorité des autres procédés non destructifs.

En examen préalable, l'inspection visuelle d'un objet, d'une structure d'un assemblage tel qu'une soudure permettra de guider un observateur expérimenté dans la définition d'une autre technique :

Choix de l'angle de tir en radiographie, direction de magnétisation, fréquence ultrasonore.

L'examen visuel direct des pièces peut constituer un contrôle suffisant pour la détection des défauts débouchant en surface et surtout des **hétérogénéités locales et superficielles** (taches de différentes natures) constituant des défauts d'aspect rédhibitoires pour des produits plats du type tôles, tissus, verre, etc...

toutefois l'examen purement visuel présente des limitations de différentes gammes de procédés de contrôle optique, dont les principaux sont décrits plus loin.

### I-1-2. Eclairage

Dans tous les cas d'observation d'un objet, les conditions d'éclairage sont essentielles pour la fiabilité du contrôle optique. Il s'agit d'abord de se placer dans les conditions énergétiques, et de luminosité.

La longueur d'onde permet à l'œil de travailleur avec la meilleure acuité ; ainsi un éclairage de plus de 300 lux en lumière vert-jaune à  $0,55\mu\text{m}$  est optimal.

Il s'agit ensuite d'adapter le type et l'orientation de l'éclairage à la nature des défauts en vue d'améliorer le **contraste**. L'éclairage diffus fourni par exemple par un ensemble de sources lumineuses placées derrière un écran dépoli, est utilisé dans la recherche de défauts variés, sans orientation définie. Par contre, pour détecter facilement les défauts du type rayures orientées

sensiblement dans la même direction, on doit préférer l'utilisation d'un éclairage directif associé à une observation de la surface sous angle voisin de celui de la réflexion spéculaire (figure I-1) enfin les défauts présentant un certain relief sont en général bien mis en évidence grâce à un éclairage rasant.

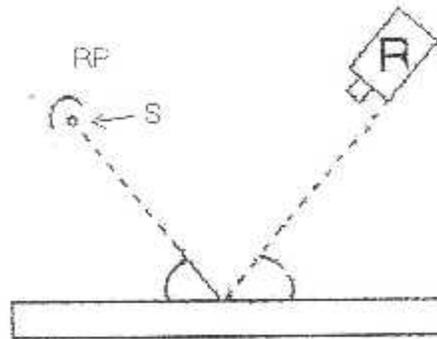


Fig I-1 : Eclairage directif et observation dans une direction proche  
De la réflexion spéculaire ?

## I-2. Ressuage

Le **ressuage** est un terme qui désigne l'extraction d'un fluide d'une discontinuité dans laquelle il s'était préalablement accumulé au cours d'une opération d'imprégnation. L'imprégnation d'une fissure par un liquide, tirant profit de ses propriétés tensio-superficielles, conduite par l'intermédiaire d'un ressuage avant l'observation visuelle, à un moyen de recherche de défauts de surface qui est parmi les plus anciens, les plus simples et les plus largement utilisés de nos jours.

Le mécanisme de révélation des défauts par ressuage correspond aux trois phases illustrées, application du pénétrant suivie d'un temps d'imprégnation, élimination de l'excès du pénétrant sur la surface de la pièce, ressuage du pénétrant par disposition d'une couche de « révélateur » sur la surface.

A la suite de quoi l'image des défauts apparaît à l'observateur dans la mesure où l'étalement du pénétrant sur le révélateur conduit à une nette variation de couleur ou de luminance.

### I-3. Courants de foucault

Lorsque on place un corps conducteur dans un champs magnétique variable dans l'espace ,des courant induits se développent en circuit fermé à l'intérieur de celui-ci ,ce sont les courants de foucault (physicien français 1819-1868).

Ainsi ,une bobine parcourue par un courant variable , alternatif par exemple , génère de tels courant induits qui ,créent eux-mêmes un flux magnétique qui s'oppose au flux générateur , modifient par là-même l'impédance de cette bobine .C'est l'analyse de cette variation d'impédance qui fournira les indication exploitable pour un contrôle :en effet ,la réparation et l'intensité des courants de foucault dépendent des caractéristique physique et géométriques du corps considérés, ainsi bien entendu que des conditions d'excitation (paramétrique électrique et géométriques du bobinage ).

On conçoit dès lors qu'un défaut ,constituants une discontinuité électrique venant perturber la circulation des courants de foucault ,puisse engendre une variation d'impédance décelable au niveau de la bobine d'excitation (ou de tout autre bobinage situé dans le champs ).

Ce principe est surtout utilisé pour détecter des **défauts superficiel** ,dans la mesure ou les courants de foucault ont tendance à se rassembles à la surface des corps conducteur (effet de peau).

#### I- 3-1. Méthodes d'exploitation

Les sondes à courant de foucault sont toujours des bobine de forme variables , caractérisées électriquement par une résistance **R** et une inductance **X** , ils ont trois sondes

- Sonde concentrique
- Sonde encerclante
- Sonde interne

#### II-3-2. Sensibilité du contrôle par courant de foucault :

Les sensibilité du contrôle par C.F dépend de plusieurs paramètres, cités principalement :

- Les condition du contrôle
- L'état de la surface
- La nature de défauts

Cette méthode est utilisé pour détecter les défaut de surface :

- Détection de criques ,trous ,corrosion , contrôle de traitement thermique.

## 1-4. Ultrasons

Les ultrasons sont des vibrations mécaniques qui prennent naissance et se propageant dans tout support matériel (solide, liquide, ou gaz) présente une certaine élasticité.

En continuation de gamme sonore, les ultrasons correspondent à des fréquences oscillatoires supérieures (gamme allant de 15 kilohertz (nettoyage) à plus de 100 MHz (microscopie acoustique, application électronique).

La gamme 1 à 10 MHz couvre la grande majorité des applications des ultrasons en contrôle non destructif industriel. Cela n'est pas un hasard car ces fréquences correspondent, pour les matériaux courants à des longueurs d'onde ultrasonore de l'ordre du **millimètre** valeur réalisant un bon compromis entre directivité, absorption, détectabilité des petits défauts, facilité de réalisation d'appareillages électroniques et de transducteurs fiables et économique.

### 1-4-2. Différents types d'ondes

Les ondes ultrasonores, vibrations élastiques de la matière, ont des propriétés liées aux caractéristiques élastiques du support matériel. Ainsi dans les **liquides et les gaz**, qui sont des milieux n'offrant aucune résistance, au cisaillement, les ondes ultrasonores sont essentiellement des **vibrations longitudinales**, les particules matérielles se déplacent, par rapport à leur position d'équilibre, parallèlement à la direction de propagation de l'onde, engendrant des fronts de compression, aux mêmes perpendiculaires à cette direction.

Ce type d'onde se retrouve dans les **solides** et est d'ailleurs le plus utilisé en pratique.

toutefois un autre mode, utilisant le cisaillement, peut exister : mode d'**onde transversale** pour lequel les vibrations des particules s'exercent perpendiculairement à la direction de propagation.

Ces deux types d'ondes, les plus couramment rencontrés en contrôle non destructif, sont des **ondes de volume** ; il est possible aussi de générer d'autres types d'ondes dont l'existence dépend en particulier de la configuration du support de propagation. Il y a tout d'abord les **ondes de surface**, ondes composites constituées à la fois par des déplacements longitudinaux et transversaux, et dont les plus connues et utilisées sont les **ondes de Rayleigh** ; d'autres modes sont possibles et connus ; ondes rampantes de Love, ondes de Bleustein - Gulyaev. Lorsque le support a des dimensions du même ordre de grandeur que la longueur d'onde, cela génère des modes vibrations particuliers : **ondes de Lamb** dans les tôles, il s'agit d'ondes dispersives avec mode de vibration symétrique ou antisymétrique ; ondes guidées dans les tiges et barres. Les ondes de Lamb sont utilisées industriellement pour le contrôle des tôles, mines métalliques et de certains composites.

## I-5. Radiographie

L'examen de la structure ou de la santé interne d'un objet par radiographie consiste à faire traverser par un rayonnement électromagnétique de très courts longueur d'onde (rayon X ou  $\gamma$ ) et à recueillir les modulation d'intensité du faisceau sous forme d'une image sur un récepteur, un film dans la plupart des cas comme l'illustre la figure (I-2)

Selon la même principe, on peut obtenir en utilisant d'autres particule que les photons et ainsi en œuvre des technique tel que la **neutronographie** qui seront aussi évoquées dans ce paragraphe.

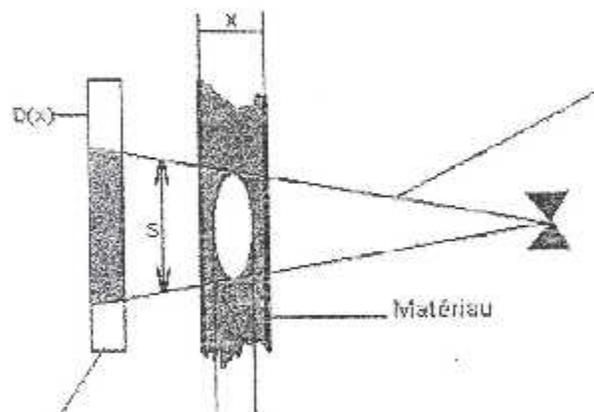


Fig I-2 :Schéma de Radiographie

## I-6 . magnétoscopie

Cette méthode est appliqué aux matériaux ferromagnétique. Les pièces sont soumises à l'action d'un champ magnétique choisi de façon à crée des fuites magnétiques intenses au niveau des défauts.

La détection des fuites magnétiques peut être faite :

- soit par une liqueur magnétique appliquée sur la surface à contrôler.
- Soit par poudre magnétique déposée sur la surface.

Le champ magnétique est crée soit par un électro-aimant, soit par la circulation d'un courant électrique alternatif dans la pièce à examiner

La pièce sera démagnétisée à l'issue de l'épreuve.

Cette méthode est notre thème de fin d'étude

# CHAPITRE III

## PRINCIPES PHYSIQUES

### DE MAGNETISATION

## Historique de la méthode magnétoscopie

Les premières observations effectuées, mettant en évidence la possibilité de détection de défauts dans des pièces métalliques à partir d'une excitation par champ magnétique, ont été par W.E HOKE en 1920 aux Etats-Unis.

Les développements de la méthode n'est intervenu qu'à dix ans plus tard, sous l'impulsion de A.V de forest qui créa en association avec F.B.DANE la société Magnaflux.

Les premiers équipements industriels ont été réalisés dans les années 1930-1933 et les premières applications ont porté sur l'examen des pièces destinées à l'industrie aéronautique, la deuxième guerre mondiale a fortement influencé le développement de cette technique; elle fait son apparition dans l'industrie automobile et on voit naître également les premières installations automatiques en 1943 pour le contrôle d'enveloppes de projectiles destinées à l'armement.

Le développement rapide de la technique à partir de ce moment là n'est pas sans poser de problèmes on s'interroge sur le meilleur type d'aimantation souhaitable alternatif ou continu, ou sur le meilleur type de révélateur, colore sec, humide, fluorescent. Il n'est pas rare de voir des pièces rebutées injustement par suite du manque d'expérience.

Les préoccupations actuelles, en particulier dans les domaines aéronautiques, spatiaux et nucléaires de la magnétoscopie restent très largement employées en raison de sa simplicité et de la qualité des services rendus.

## LES GRANDEURS ETR UNITES

| Grandeurs                                | Unités S.I               |
|--|--------------------------|
| H champ magnétique                       | A/M (ampère/mètre)       |
| B Induction magnétique                   | T (Tesla)                |
| J Aimantation                            | A/M (ampère / mètre)     |
| X Susceptibilité magnétique              | Sans unité               |
| $\mu_0$ Perméabilité magnétique          | H/M (Henry/ mètre)       |
| $\mu$ Perméabilité magnétique du vide    | H/M (Henry/mètre)        |
| $\mu_r$ Perméabilité magnétique relative | Sans unité               |
| $\Phi$ Flux magnétique                   | Wb (Weber)               |
| I Intensité de courant                   | A (Ampère)               |
| R Résistance                             | $\Omega$ (OHM)           |
| R rayon                                  | M Mètre                  |
| N Nombre de spire                        | Spire                    |
| T Temps                                  | S (seconde)              |
| A Section de la bobine                   | M.M                      |
| E Clairement                             | Lux                      |
| Eclairement énergétique                  | W/M.M (Watt/Mètre carré) |

## II-1. Rappels théoriques

D'une manière imagée, les matériaux peuvent être considérés comme étant constitués d'un ensemble de petits aimants. En absence de champs magnétique, ces petits aimants ont des orientations désordonnées, lorsque les matériaux sont soumis à un champs magnétique  $\mathbf{H}$  les petits aimants ont tendance à s'orienter dans le sens du champs magnétique

$$\mathbf{J} = \chi \cdot \mathbf{H} \quad (\chi \text{ s'appelle la susceptibilité magnétique, et une caractéristique du matériaux})$$

### II-1-1. Flux magnétique :

Le flux est une grandeur qui caractérise le passage du champs magnétique à travers une section  $S$  du matériaux.

$$\Phi = \mathbf{B} \cdot \mathbf{S} \quad (\mathbf{B} : \text{induction magnétique})$$

### II-1-2. L'induction magnétique :

L'induction magnétique est une grandeur représentant la densité du flux magnétique qui traverse les matériaux.

Dans le vide :

$$\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H} \quad (\mu_0 : \text{perméabilité du vide})$$

Dans le matériau :

$$\mathbf{B} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \mathbf{H} \quad \mu_r = (1 + \chi) \quad \mu_0 : \text{perméabilité relative}$$

$$\mathbf{B} = \mu \cdot \mathbf{H} \quad \mu : \text{perméabilité du matériaux}$$

## II-1-2. Les possibilités de création d'un champ magnétique :

### II-1-2-1. Champ magnétique crée par un élément de courant :

Un conducteur parcouru par un courant électrique crée autour de lui un champ d'excitation magnétique circulaire.

#### II-1-2-1-1. Introduction due à un électron en mouvement :

Le champ magnétique crée par un électron de charge (-e) en mouvement à la vitesse

v, selon le théorème de Biot et Savart

$$H = IdL \cdot \sin\alpha / 4\pi R^2 \quad (dL: \text{une portion de conducteur})$$

$$B = \mu_0 IdL \cdot \sin\alpha / 4\pi R^2$$

#### II-1-2-1-2. Induction d'un solénoïde en point de son axe .

Le solénoïde est constituée par un ou plusieurs enroulements hélicoïdale de fils conducteurs sur un mandrin cylindrique.

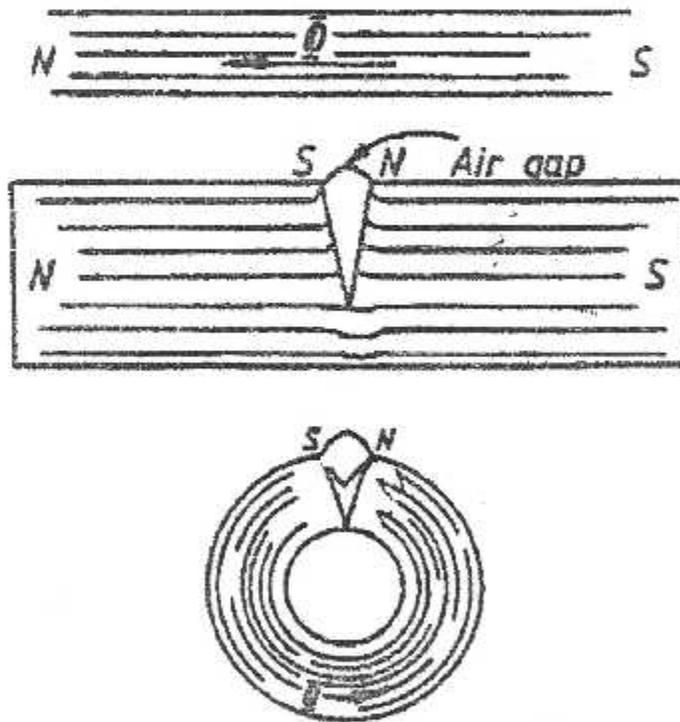
#### II-1-2-1-4. Induction d'un tore électromagnétique en un point de sa ligne d'induction moyenne :

Le point électromagnétique est un tore recouvert par un enroulement régulier parcouru par un courant. Le spectre fait apparaître les lignes d'induction circulaires concentriques, elles sont toutes situées à l'intérieur des spires de l'enroulements.

$$H = (N.I) / L \quad B = (\mu_0 . I . N) / L$$

### II-2-1.Principe physique de la magnétoscopie

le contrôle par des particules magnétiques est employé pour le contrôle des matériaux qui peuvent être facilement magnétisés. Cette méthode est capable de détecter des défauts de surface et sub-surface. Dans cette méthode le spécimen d'essai est d'abord magnétisé en utilisant un aimant permanent ou un électro-aimant ou par passage de courant électrique. Le champ magnétique présenté ainsi dans le spécimen se compose de lignes de force magnétiques. Toute anomalie va interrompre l'écoulement des lignes de champs, certaines de ces lignes doivent sortir et réintroduire le spécimen. Ces points de sorties et re-entrées forment des pôles magnétiques. Toutes les fois que des particules magnétiques minutieuses sont arrosées sur la surface d'un tel spécimen, ces particules sont attirées par ces pôles magnétiques pour créer une indication visuelle rapprochant la taille et la forme de la paille. La *figure II-1* illustre les principes de base de cette méthode.



*Fig:II-1 Principe physique de la*

Selon l'application, il y a différentes techniques de magnétisation utilisées dans le contrôle par magnétoscopie. Ces techniques peuvent être groupées dans les deux catégories

## II-2-2. Méthodes d'aimantation

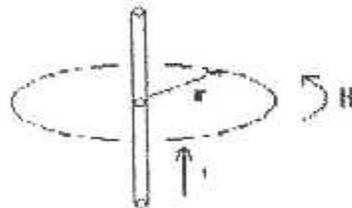
On distingue essentiellement 2 méthodes d'aimantation qui sont la magnétisation circulaire ou transversale et la magnétisation longitudinale.

### II-2-2-1. Magnétisation circulaire ou transversale

La magnétisation circulaire se subdivise elle-même en magnétisation par circulation directe de courant, magnétisation par circulation de courant localisée.

#### II-2-2-1-1. Magnétisation par circulation directe de courant

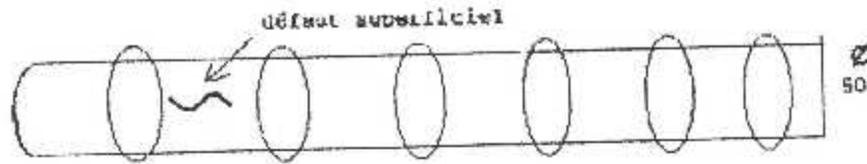
On sait qu'un courant électrique  $I$  parcourant un conducteur crée, autour de celui-ci, un champ magnétique circulaire dont l'intensité est proportionnelle à l'intensité du courant  $I$  et inversement proportionnelle à la distance  $r$  (figure II-2).



*FigII-2 : Magnétisation par circulation directe de courant*

Quand le conducteur est un métal magnétique, le passage du courant induit un champ dans le conducteur lui-même et on peut connaître l'induction  $\beta$  par la courbe de magnétisme. dans le cas de l'exemple précédant, se rapportant à une barre en acier doux de 50 mm de diamètre et alimentée en courant continu, l'induction, juste au-dessous de la surface, serait de 1,6 Tesla.

Le métal se trouvait donc, sur sa périphérie, dans l'état magnétique préconisé par la norme AFNOR pour la détection de défauts orientés parallèlement à l'axe longitudinale, comme indiqué la figure (II-3)



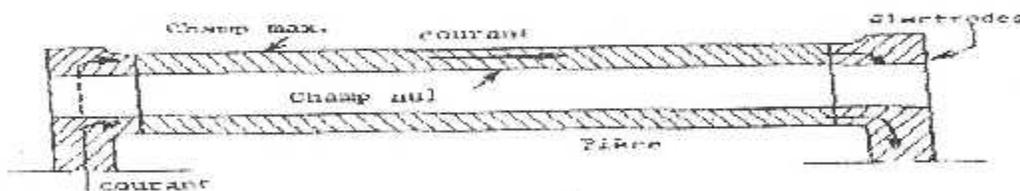
**Fig II-3 : Magnétisation par circulation directe de courant**

On voit que le champ diminue linéairement de l'extérieur du conducteur vers le centre, ou il est nul. quand à l'induction magnétique, la forme de la courbe  $\beta = f(H)$  montre que la diminution est lente au défaut puis plus rapide ensuite.

Cet effet de décroissance est d'ailleurs beaucoup importante avec du courant alternatif comme nous le montrerons ultérieurement.

### II-2-2-1-2. Magnétisation par circulation indirecte de courant

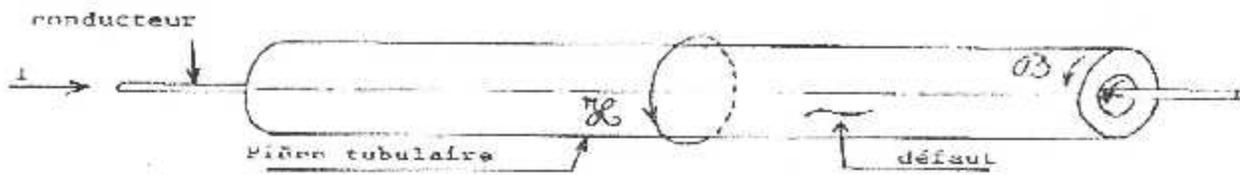
Dans le cas de pièces annulaires, il est nécessaire de contrôler aussi bien leur surface intérieure que leur surface extérieure. Or, on peut vérifier expérimentalement que 'a l'intérieure. d'un tube d'acier cylindrique, parcouru par un courant dans les conditions précédentes (voir figure II-4), l'induction est nulle sur la surface intérieure.



**Fig II-4 : Magnétisation par circulation indirecte de courant**

Dans le cas de pièces tubulaires, il est cependant possible d'induire un champ magnétique sur la paroi intérieure en plaçant dans l'alésage un conducteur central constitué par une barre de cuivre.

Dans ces conditions, le courant passant dans le conducteur induit un champ magnétique tant sur la surface intérieure que sur la surface extérieure de la pièce, ce qui permet de détecter des défauts longitudinaux aussi bien sur la périphérie qu'intérieure.



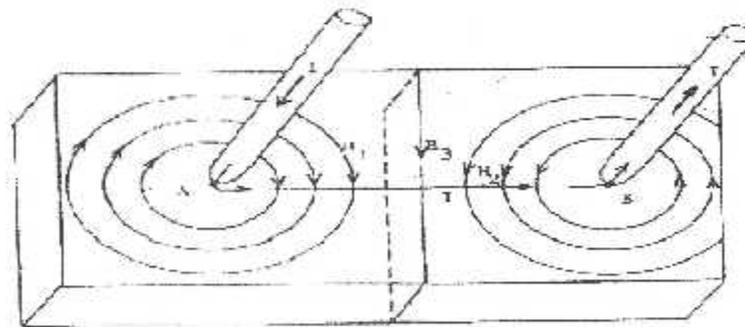
*FigII-5 : Magnétisation par circulation indirecte de courant*

### II-2-2-1-3. Magnétisation par circulation de courant localisée

Cette méthode, dénommée également méthode à la touche, est utilisée pour des contrôle localisés, notamment pour le contrôle de cordons de soudure et de surfaces de grandes dimensions telles que des tôles.

Dans le cas des tôles, on procède en plaçant successivement les électrodes d'amenée du courant sur les diagonales d'un quadrillage, dans les dimensions dépendent de l'intensité dont on dispose.

On peut observer que la méthode d'essai à la touche permet d'obtenir un champ magnétique  $H$  qui est la résultante de 3 champs élémentaires  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$ , comme indiqué



*FigII-6 : Magnétisation par circulation de courant localisée*

La distance AB entre les électrodes dépend évidemment de l'intensité dont on dispose, mais il est possible de faire une mesure de champ sur la surface à explorer à l'aide de l'appareil Förster dont il a déjà été question.

A défaut d'appareil de mesure, on peut s'inspirer des courbes établies par M. TOITOT (Greusot-loire) en ce qui concerne des tôles de 10 à 40 mm d'épaisseur

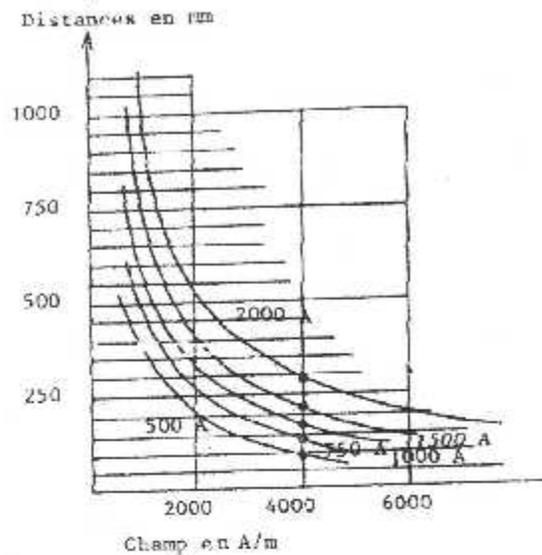


Fig II-7

La valeur des intensités et des champs sont des valeurs moyennes en courant redressé et des valeurs efficaces en courant alternatif.

Pour obtenir un champ superficiel de 4000 A/m on prendra donc soit une intensité de 2000 Amp. Pour un écartement de 300 mm, soit 500 Amp. Environ pour un écartement de 100 mm.

Ces distances entre électrodes serviront à définir la maille d'un quadrillage donnant des emplacements à prévoir pour les touches.

### II-2-2-2. Magnétisation longitudinale

La magnétisation longitudinale peut s'obtenir soit par le procédé du solénoïde, soit par le procédé de l'électro-aimant.

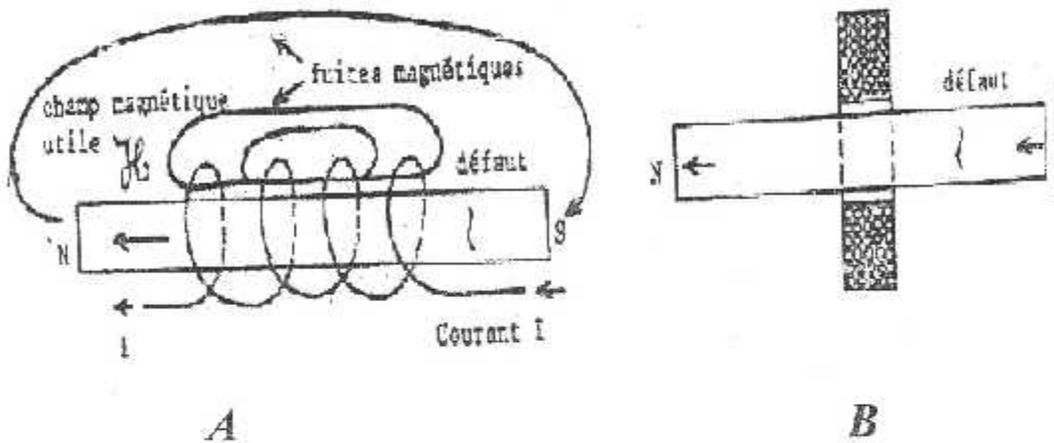
#### II-2-2-2-1. Magnétisation par solénoïde

La magnétisation par solénoïde est illustrée par les figures (II-6) et Figure (II-7).

Dans le cas de la figure (II-6), on enroule un câble conducteur en hélices autour de la pièce à contrôler. On crée ainsi un champ magnétique longitudinal dont les lignes de force sont concentrées dans la pièce.

Dans le cas de la figure (II-7), on remplace de câble enroulé en hélice par une bobine constituée par la juxtaposition d'un certain nombre de galettes plates

Dans ces deux cas, on engendre un champ magnétique longitudinal qui permet de détecter des défauts transversaux.



FigII-8 :Magnétisation par solénoïde

On notera que l'alimentation par solénoïde est utilisée surtout pour de grandes pièces. En raison de fuites magnétique se produisant à l'extérieur du solénoïde, Les possibilités d'examen sont limitées à la région situées à l'intérieur de celui-ci et à l'extérieur dans une zone d'environ 15cm de chacune de ses extrémités.

On peut déterminer les caractéristique approximatives du solénoïde de la figure II-6 par application de la formule simple suivante, valable pour un solénoïde très long par rapport à sa section

$$H = In / l$$

- n : étant le nombre de spires
- l : la longueur du solénoïde en mètres
- I : l'intensité en Ampère

### II-2-2-2. Magnétisation par électro-aimant

La magnétisation par électro-aimant est obtenue en fermant le circuit magnétique d'un électro-aimant par la pièce à contrôler (figure II-9).

Le champ magnétique induit dans les noyaux de l'électro-aimant par le solénoïde d'excitation, traverse la pièce à contrôler du pôle nord vers pôle sud, c'est-à-dire suivant une direction longitudinale. tout défaut transversal superficiel provoque un champ de fuite avec dépôt de liqueur magnétique.

On notera que la norme NF A04 -101 attire l'attention, dans ses commentaires que la saturation ne peut être obtenue dans une pièce que si la plus grande section examinée est inférieure à celle des pôles de l'électro-aimant. Cette remarque repose sur la notion de flux magnétique  $\Phi$ , dont la valeur se conserve dans le circuit magnétique si l'on admet qu'il n'y a pas de perte. En se reportant à la figure II-10 on a :

$$\Phi = \beta_1.S_1 = \beta_2.S_2$$

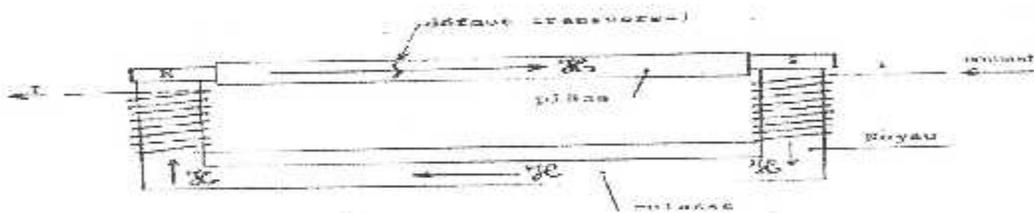


Figure II-9 : Magnétisation par électro-aimant

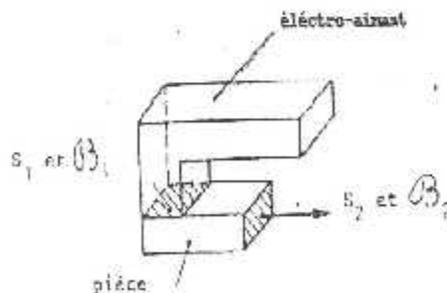


Figure II-10 : Magnétisation par électro-aimant

### II-2-3. Magnétisation combinée

II-2-3-1. On peut associer les deux méthodes de magnétisation longitudinale et transversale pour constituer une aimantation combinée présentant l'avantage de détecter des défauts dont la direction n'est pas connue a priori.

La figure (II-11) schématise les liaisons à réaliser dans le cas d'alimentation par une source continue ou alternative.

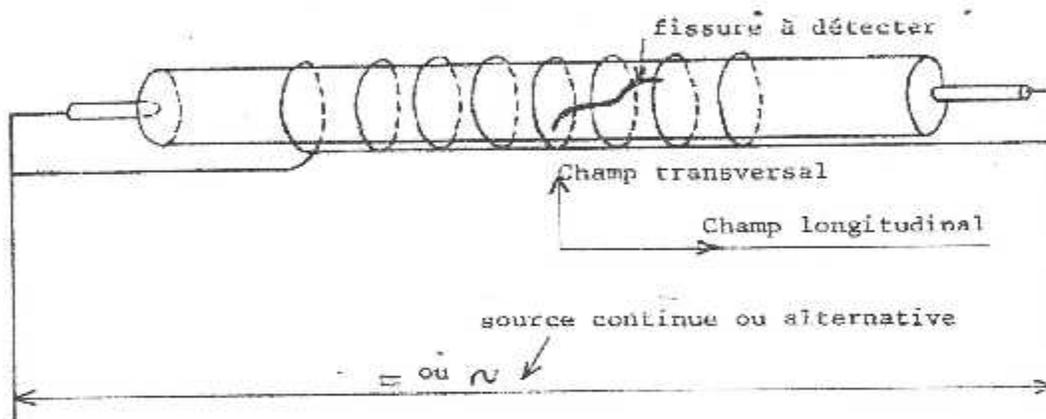


Figure II-11 : Magnétisation combinée

### II-2-3-2. Méthode d'aimantation combinée à champ oscillant

La norme NF A04 - 101 spécifie que, si l'on opère avec un seul et même procédé de magnétisation, il est nécessaire de procéder à 2 épreuves successives faites dans deux directions différentes sauf dans le cas où l'on réalise un champ magnétique à direction oscillante.

A cet effet, on adopte un montage dans lequel le champ magnétique continue d'un électro-aimant et le courant alternatif produit par un transformateur passent simultanément dans la pièce à essayer (figure II-12-A)

Le champ magnétique constante  $H_c$  de l'aimant et le champ magnétique alternatif  $H_a$  produit par le courant alternatif s'ajoutent et le champ résultant  $H_r$  oscille comme indique sur la figure II-12-B sur la quelle la valeur particulières de  $H_a$  à l'intérieur d'une période.

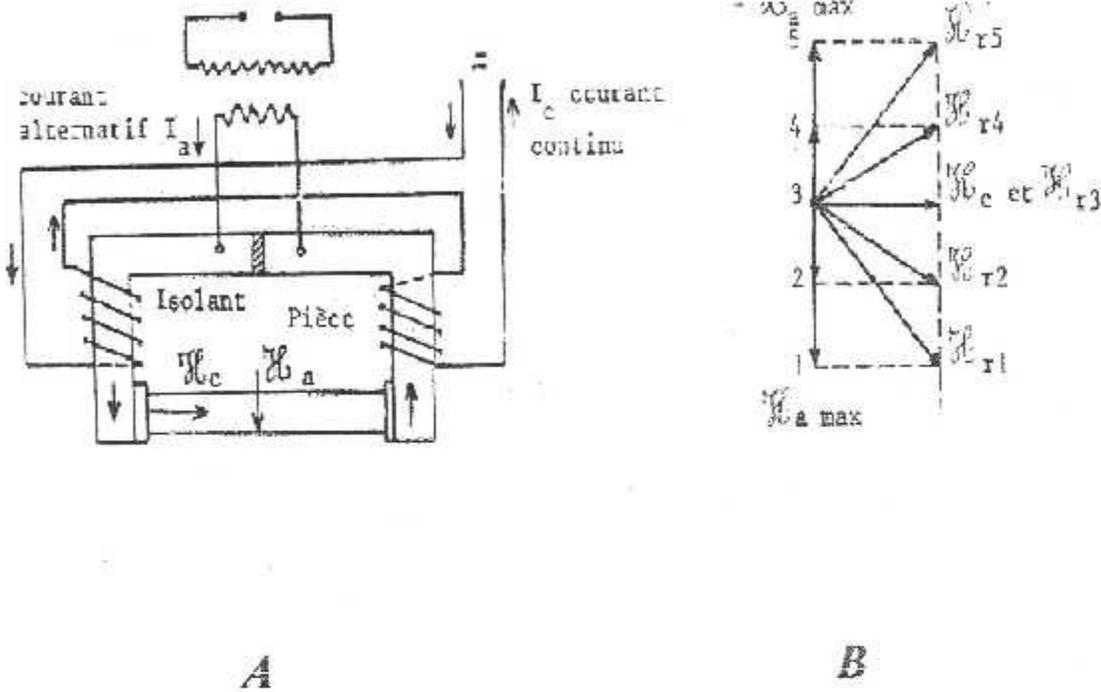


Fig II-12 :Méthode d'aimantation combinée à champ oscillant

### I-2-4.Méthode d'aimantation des pièces

L'opération d'aimantation très importante pour la garantie de la détection et il est indispensable de la rendre aussi reproductible que possible aussi bien dans différents (contrôle périodique avec une même installation) qu'en des lieux différents (contrôle effectués à partir d'installations différentes).

La diversité des installations disponibles sur le marché rend cette condition de reproductibilité délicate et conduit à adopter des compromis faisant intervenir en particulier:

- La nature de l'excitation
- L'importance du champs d'excitation magnétique développé en surface de la pièce à examiner.

Ces notions nous amènent à analyser dans premier temps les différents formes de courants disponibles et les grandeurs caractéristiques qui leurs sont dans les installation les plus courantes et les précaution à prendre pour la vérification du bon fonctionnement des circuits d'aimantation .

### II-2-4-1. Formes de courants

Les générateur disponibles délivrent le plus souvent les formes de courant suivants :

- Alternatif sinusoïdal
- Monophasé redressé une ou deux alternances
- Triphasé redressé à une alternance

La représentation schématique de ce formes de courant telle qu'elle apparaît lors d'un examen à l'oscilloscope est donnés ci-dessous avec la définition correspondants.

### II-2-4-2. Courant alternatif sinusoïdal monophasé

L'amplitude du courant passe alternativement par des valeur positives et négatives la figure présents un exemple de mouvement alternatif emprunté à la mécanique .Au cours d'une période  $T$ - intervalle de temps minimal permettant la reproduction du mouvement identique à lui-même- l'amplitude passe par les valeurs caractéristique suivantes :

- $t=0$  amplitude nulle,
- $t=T/4$  amplitude maximale positive
- $t=3T/4$  amplitude maximale négative,
- $t=T$  amplitude nulle

Cette forme de courant est celle que l'on rencontre le plus fréquemment en utilisation industrielle par l'éclairage et les appareils domestiques :la fréquence est en France 50HZ

Dans le domaine du contrôle magnétoscopique cette forme est également très répandue car elle ne nécessite pas de transformation importante à partir de l'alimentation en électricité du réseau ;elle convient particulièrement à la recherche des défauts débouchants en surface extérieur .

### II-2-4-3. Courant monophasé redressé une alternance

L'amplitude du courant reste toujours positive ou nulle pendant la première demi-période, la loi de variation reste identique à celle du courant alternatif sinusoïdal et pendant la deuxième demi-période l'amplitude est nulle. La figure II-13 précise la loi de variation en fonction du temps.

Cette forme de courant est obtenue aisément à partir de la forme précédente par l'utilisation d'un redresseur : il s'agit d'un composant électrique statique qui ne laisse passer le courant que dans un sens. Le principe de fonctionnement est illustré

L'utilisation du redresseur est très répandue en électronique en raison des faibles intensités mises en jeu. En revanche l'utilisation en électrotechnique et plus particulièrement dans le domaine du contrôle magnétoscopique pose quelques problèmes en raison des fortes intensités en jeu.

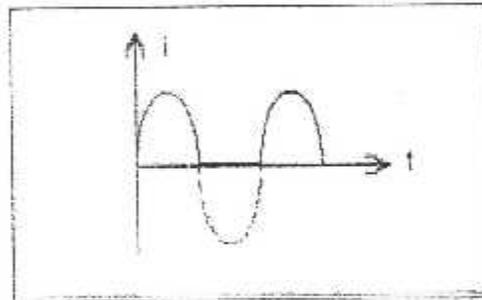


Figure II-13

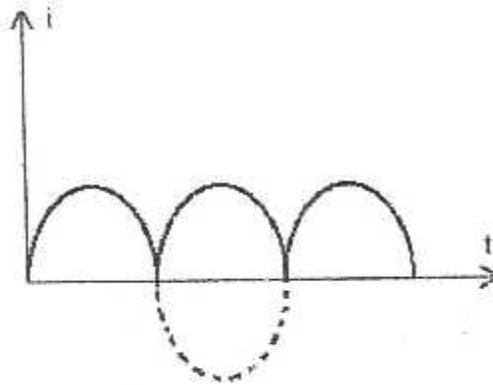
*Exemple de courant monophasé redressé une alternance*

### II-2-4-4. Courant monophasé redressé deux alternances :

L'amplitude du courant reste toujours positive ou nulle comme dans le cas précédent mais avec un temps de passage à zéro très faible. Pendant la première demi-période, la loi de variation reste identique à celle du courant alternatif sinusoïdal et pendant la deuxième demi-période la loi de variation reste identique à celle observée pendant la première demi-période : en fait la période du mouvement n'est plus  $T$  mais  $T/2$ .

Cette forme du courant est obtenue à partir de la forme de courant sinusoïdal, par l'utilisation de système de redresseur montrés judicieusement. Deux systèmes couramment employés sont présentes.

La aussi l'utilisation est très curante en électronique, par contre l'importance des intensités mises en jeu en électrotechnique nécessite l'emploi de redresseurs spéciaux et coûteux, en particulier dans le domaine du contrôle magenétoscopique.



*Fig II-14*

*Exemple de courant monophasé redressé 2alternances*

#### **II-2-4-5. Courant triphasé redressé une alternance**

Une telle forme de courant est obtenue à partir de la superposition de trois formes de courant alternatives sinusoïdales décalées de  $1/3$  de période dans lesquelles on a supprimé toute composante négative au moyen d'un système de redressement approprié.

#### **II-2-4-6 . Courant triphasé redressé deux alternances au trihexaphasé**

Cette forme de courant diffère de la précédente par la fait que les demi-alternances négatives ne sont plus supprimées mais qu'elles deviennent positives, ou même instant.

Une telle forme de courant se rapproche du courant continu et est exploitée en contrôle magnétoscopique pour la recherche de défauts sous-jacents.

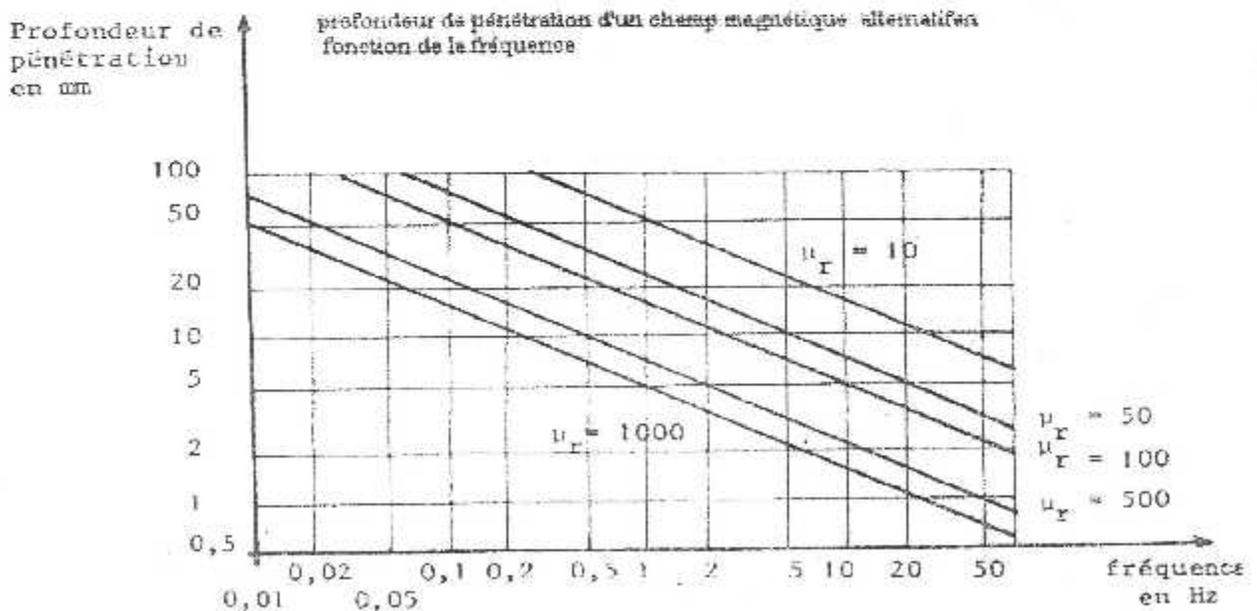
### II-2-5.Choix d'un courant

En règle générale , le choix du courant est déterminé par le genre de défauts que l'on recherche .

Le courant alternatif assure une meilleure sensibilité pour les défauts superficiels (tapures de trempe ou de rectification , fissures de fatigue ) . En revanche , le courant continu a une plus grande pénétration et fait bien moins chauffer les pièces (absence de courant de Foucault).les courants pulsés , quant à eux , présentent des qualités intermédiaires entre le courant continu et le courant alternatif.

L'avantage des courants alternatifs sur le courant continu , pour la détection des défauts superficiels , tien au fait que la densité magnétique n'est pas constante et diminue très rapidement de la surface vers l'intérieure suivant une loi approximativement exponentielle . On appelle , par convention profondeur de pénétration , la profondeur pour laquelle l'intensité du champ magnétique est une fraction du champ de surface égale à  $1/e$  ( $e$ = base des logarithmes népériens= $2,718$ ) soit 0,37 fois la valeur du champ de surface .

Le graphe figure II-15 , en coordonnées logarithmiques , permet de connaître , la profondeur conventionnelle de pénétration en de la perméabilité relative  $\mu_r$  du matériau .



**Figure II-15 :**  
*Profondeur de pénétration d'un champ magnétique alternatif  
 En fonction de la fréquence*

Pratiquement , on constate que le courant continu parfait ,c'est -à- dire ondulation , n'est pas très supérieur au courant demi-onde produit par un redresseur pour une amplitude de crête égale .

De plus , le courant pulsé facilite l'ondulation des particules de poudre magnétique.

### **II-2-5-2. Magnétisation circulaire ou transversale**

Dans ce type de magnétisation ,on peut employer indifféremment du courant continu , du courant pulsé ou du courant alternatif .

### **II-2-5-3. Magnétisation longitudinale**

**II-2-5-3-1.** Dans le cas de l'aimantation par solénoïde , il est peu indiqué d'utiliser un courant alternatif pur , car l'intensité alternative traversant un conducteur dépend de l'impédance du circuit , c'est -à- dire à la fois de la résistance et de self , alors qu'en courant continu seule la résistance s'oppose au passage du courant ; On emploiera donc ,de préférence , un courant redressé et dans le cas d'une pièce longue , il sera nécessaire de la magnétisation par tronçons de 500mm environ .

Dans le cas d'une pièce aimantation par électro-aimant , comportant généralement un grand nombre de tours de fils , il est également préférable de recourir à un courant redressé mais il cependant des appareils qui fonctionnent soit en alternatif soit en courant redressé .

## II-2-6. Révélateurs

Les champs de fuites magnétique, créés par les défauts existant dans le voisinages des surfaces extérieures ou intérieures des pièces, ont la propriété d'attirer les particules magnétique qui sont à base de fer ou oxyde de fer magnétique.

### II-2-6-1. Révélateurs en poudre

Ces révélateur sont particulièrement aptes à la détection des défauts internes et sont utilisées à l'aide d'un lance-poudre à main ou à air comprimé.

### II-2-6-2. Révélateurs liquide

On les emploi de préférence aux révélateurs secs, pour la détection des fins de surface. Les particules métalliques de couleur noire, jaune ou rouge, sont en suspension dans une huile minérale légère.

La norme NF A04-101 donne des prescriptions de fabrication et d'emploi de ces révéla. On se sert également de révélateurs fluorescents donnant des indication visibles sous éclairage ultraviolet. Ces révélateurs permettent une meilleure visualisation des défauts par l'augmentation de contraste quels que soient l'aspect et la couleur de la pièce.

## II-2-7. Contrôle de la sensibilité de détection

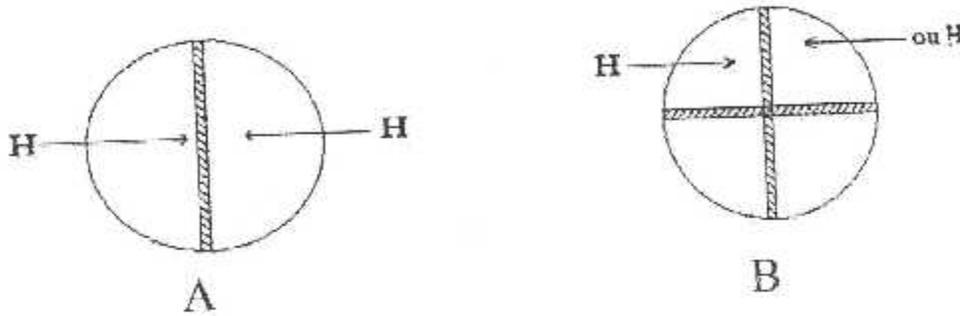
### II-7-1 Témoin de magnétisation

Le courant de la sensibilité de la méthode doit se faire à l'aide de témoins de magnétisation dont le modèle officiel set décrit que norme à laquelle il convient de se reporte.

On peut également se servir d'un instrument compose d'un disque constitué de quatre secteurs égaux en acier doux soudés entre eux au moyen d'un brasure non magnétique (par exemple soudure à l'étain ou au cuivre) le disque est recouvert d'un couvercle vissé en laiton

Pour déterminer la direction et l'intensité des lignes de force magnétiques, l'appareil est pose sur la surface des pièce à contrôler pendant le passage du courant et à ce moment, une goutte de liqueur magnétique est applique sur le disque.

Si les deux joints sont visibles, la direction de lignes de force sera approximativement à  $45^\circ$ , la croix ainsi formée, on peut d'ailleurs connaître la direction exacte en modifiant la position de l'appareil de façon à ce qu'un joint unique soit visible.



*Fig 16 :Témoins de magnétisation*

### II-2-7-2. Mesureurs de champ tangentiel

On désigne sous le nom de mesureurs de champ tangentiel des appareils permettant de déterminer la valeur du champ à la surface même de la pièce et suivant une direction indiquée par la sonde de mesure.

Il est incontestable que la mesure du champ tangentiel donne des indications plus précises et plus sûres que l'essai pratique à l'aide d'un témoin de magnétisation qui est malheureusement sensible aux entrefers existant entre la pièce et l'emplacement du témoin, quoi qu'il en soit, les témoins de magnétisation constituent un moyen commode et peu coûteux pour vérifier, à la fois l'aimantation de la pièces à contrôler et la qualité du produit révélation.

### II-2-8. Magnétisation permanente et magnétisation rémanente

La magnétisation permanente, ou continue, consiste à appliquer le révélateur par arrosage ou projection pendant l'établissement du champ. Elle est la plus utilisée.

Dans le cas d'un contrôle sur pièce à forte rémanence magnétique, on peut également procéder en deux temps.

On commence par magnétiser la pièce puis, après avoir coupé l'excitation magnétique, on arrose la pièce ou, si dimension le permettent, on la plonge dans un bac contenant la liqueur magnétique.

Les figures II-17-A et B sur lesquelles on a représenté comment évolue l'induction en fonction du champ d'excitation pour un acier à outils et des tôles recuites pour dynamos, montrent que l'induction rémanente OB qui subsiste lorsque l'on a coupé l'excitation est importantes et qu'elle n'est détruite, dans le cas d'un acier à outils, que pour un champ coercitif relative élevé justifie le deuxième procédé.

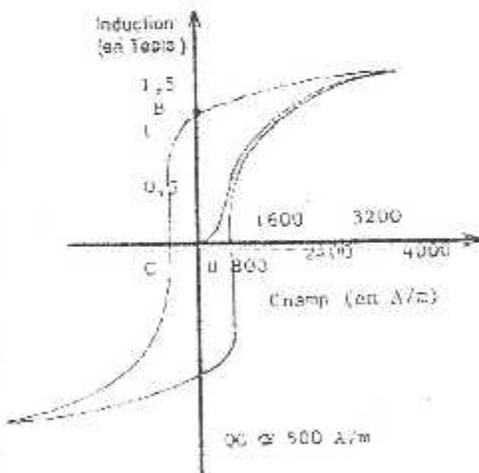


Figure 29  
acier à outils

A

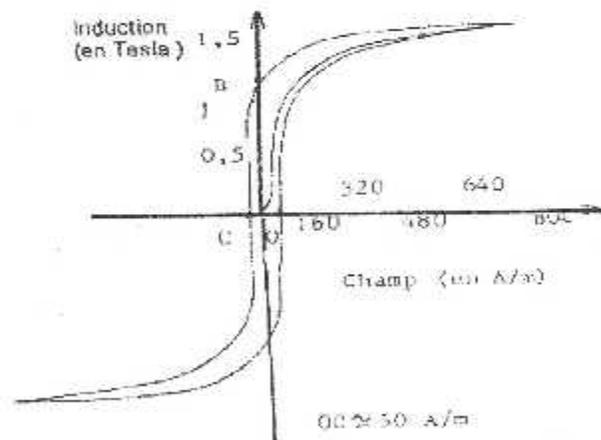


Figure 30  
acier recuit pour dynamo

B

Fig II-17 : Magnétisation permanente et magnétisation rémanente

### II-2-9. Démagnétisation

Après contrôle magnétoscopique, les pièces peuvent présenter un magnétisme rémanent dont l'importance dépend de la nuance du métal, de la nature et de l'intensité du courant magnétisant.

Dans le cas d'une aimantation par passage de courant, le magnétisme rémanent ne se manifeste pas, en générale, car les lignes de force forment un circuit fermé à l'intérieur de la pièce. Cependant, il rapport à un axe. Lorsque le magnétisme rémanent est dû à une aimantation longitudinale, le champ rémanent débouche toujours dans l'espace extérieur et peut devenir très gênant, notamment par les copeaux d'usinage et de rectification pouvant rester accrochés.

Pour se rendre compte de l'état d'aimantation rémanent, on utilise des attaches - trombones de bureau en constituant des chaînes de 4 à 5 trombones. On peut également faire un contrôle en observant la déviation de l'aiguille d'une boussole.

La méthode généralement utilisée pour annuler l'aimantation rémanente, consiste à soumettre la pièce à un champ alternatif d'intensité décroissante.

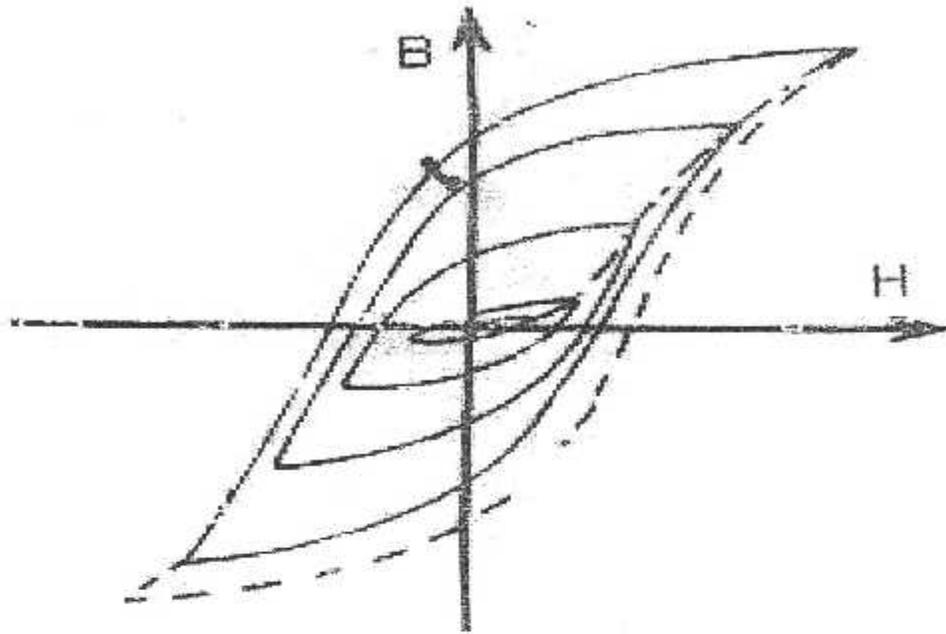
Cette opération se fait entièrement l'opération, on peut placer la pièce dans le tunnel de démagnétisation.

Pour réaliser entièrement l'opération, on peut placer la pièce dans le tunnel et diminuer l'intensité lentement et régulièrement. On peut également placer la pièce dans le tunnel et la retirer lentement et régulièrement jusqu'à ce qu'elle soit à environ 1 mètre en dehors du champ démagnétisant.

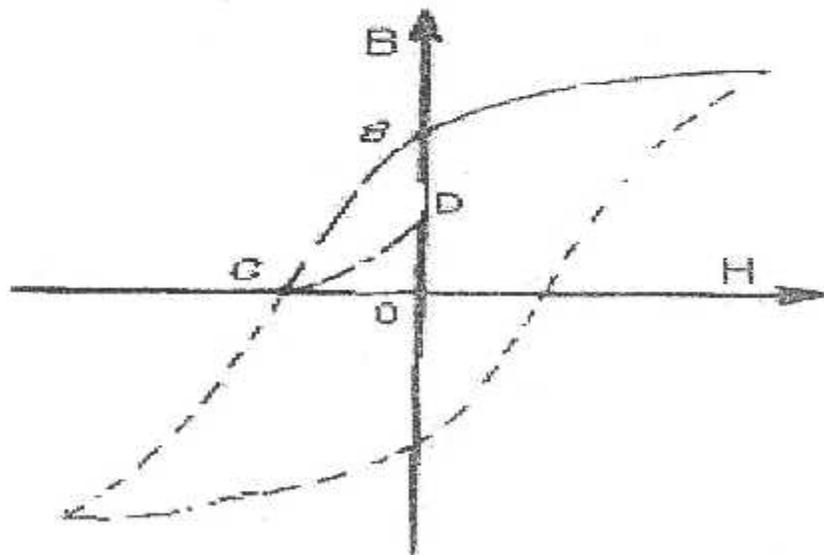
Dans l'un et l'autre cas, on réalise dans la pièce des cycles d'hystérésis d'amplitude décroissante comme indique sur la figure II-18-A

Il est bon de remarquer que la désaimantation serait incomplète si l'excitation sur le magnétoscope était réglée, en fin de contrôle, à une valeur égale au champ coercitif. Bien que le champ, représenté par OC sur la figure II-13-B correspondant à une induction nulle qui permet de décrocher intégralement la pièce de l'électro-aimant, on n'obtient pas pour autant la désaimantation car dès que le champ coercitif et le point représentatif de l'induction passent en D

On observera de plus qu'un courant alternatif à 50 Hz conduit à des courants de Foucault (effet de peau). Dans ces conditions le flux magnétique alternatif ne rentre pas dans la pièce et il est impossible de désaimanter en courant alternatif une pièce aimantée en courant continu.



*Fig II-18-A Démagnétisation*



*Fig II-18-B : Démagnétisation*

CHAPITRE III

RESULTATS ET

INTERPRETATION

### III-1. Préparation Des Pièces Et Des Défauts Étalons :

Notre travail a débuté pour une pièce en acier E24 fourni par L'ENCC de Blida.

Au cours de la réalisation des défauts étalons nous avons dégraissé, nettoyer la pièce de dimension (390 X350X18)

La pièce a été usinée et bien finie en atelier de mécanique de centre de cheraga.

#### III-1-1. Procédure De Préparation Des Pièces :

III-1-1-1. : Découpage et usinage des pièces en acier suivant le schéma

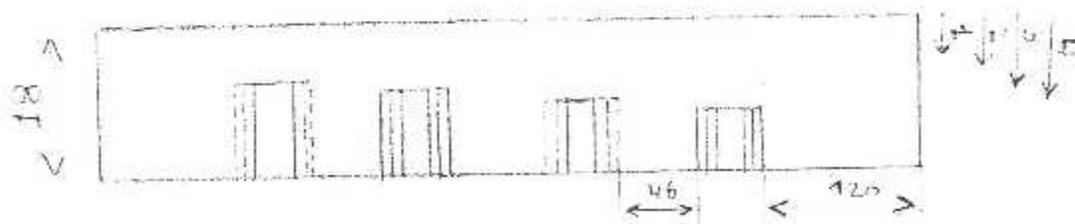
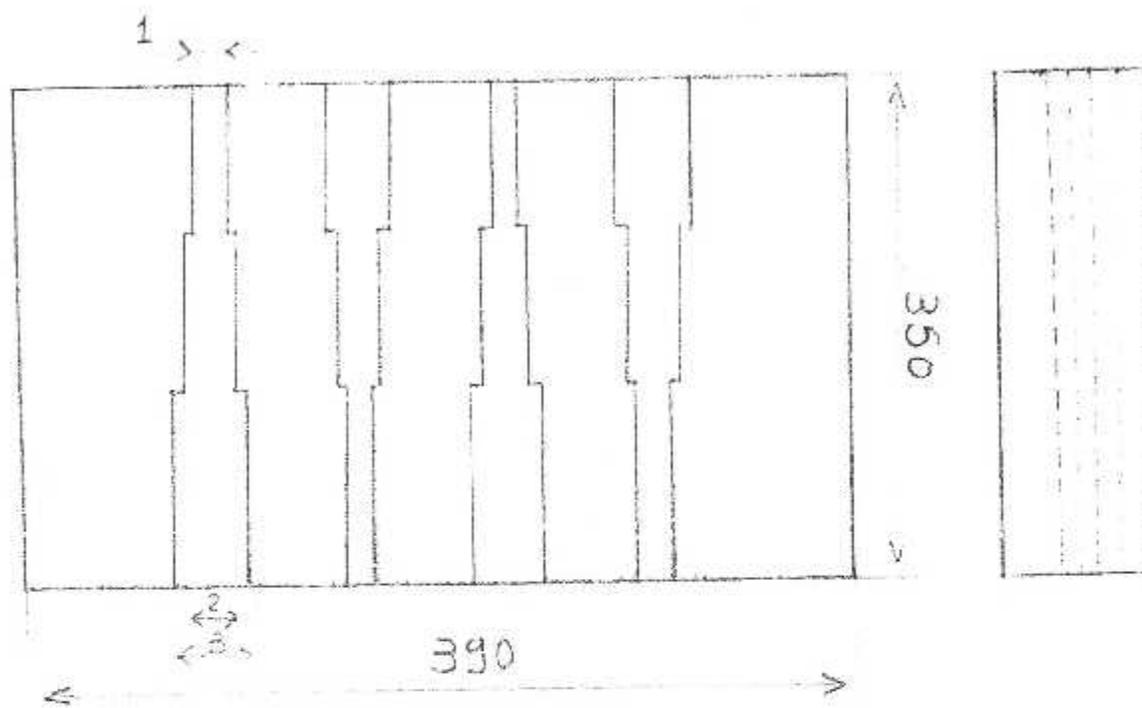
III-1-1-2. : Rectification de la pièce pour amélioration de l'état de surface et la finition.

III-1-1-3. : Usinages des défauts étalon : Réalisation des rainures de différente largeur, et profondeurs, avec des fraises.

| Dimension De la pièce | Prof. 1 | Prof. 2 | Prof.3 | Prof.4 |
|-----------------------|---------|---------|--------|--------|
| 390x350X18            | 1mm     | 2mm     | 3mm    | 4mm    |

#### III-1-2 équipement :

- Générateur de courant (TIED)
- La pièce à contrôler.
- Alimentation DC 12V.2A.
- Electro-aimant (Nombre De Spire =2000 Spire, L=930mm)
- Une lampe de lumière blanche et une de lumière ultraviolette.
- Bombe Aérosol De Laque Pour Contraste Sur Fond De Pièce.
- Pompe du révélateur fluorescent.
- Révélateur fluorescent
- Le magnétomètre.
- Mesure de champ.
- La Brosse Métallique.
- Solvant (DR-60, utiliser l'aérosol à une température supérieure à 10 c°).



INSTITUT D'AERONAUTIQUE DE BLIDA

Echelle 1 : 1

REALISATION DES DEFAUTS

MALEK

08-10-2003

### III-2. Procédure expérimental

Pour évaluer les paramètres de contrôle par magnétoscopie notre expérience a été basée sur trois paramètres essentiels :

- Type d'aimantations.
- Nature de courant
- Distance entre les deux pôles et leurs Orientations

Cette pièce a été contrôlée par la méthode de ressuage pour vérifier l'état de la pièce après usinage

#### II-2-1. Type d'aimantation :

##### - Méthodes indirectes

Dans lesquelles, l'aimantation de la pièce est réalisée par un courant traversant la pièce et donnant ainsi naissance à un champ magnétique.

##### - Méthodes directes

Pour lesquelles l'aimantation de la pièce est réalisée directement par champ d'excitation magnétique.

#### III-2-1-1 .La méthode indirecte

Cette méthode consiste à créer un champ magnétique par passage d'un courant circulaire dans la pièce, cette méthode est assurée par un générateur mobile (peut être fixe aussi)

#### A- L'alimentation avec un courant alternatif

Cette expérience est réalisée dans les conditions suivantes :

- Fréquence de 50 HZ
- Temps d'excitation est d'environ 5 secondes.
- La position des pôles : voir figure (II-1)
- En a utilisé un révélateur fluorescent

**Note :**

On utilise de révélateur fluorescent.

**Expérience 1 :**

La nature de courant : alternatif (AC).

La valeur de courant : (250 à 500) ampères

La distance entre les pôles : 450mm

La position des pôles aux extrémités de la pièce (voir figure III-1)

**Remarque :**

Le défaut de 1 mm de profondeur est visible sur toute la largeur de la pièce.

**Démagnétisation de la pièce :**

Le temps de la démagnétisation est environ 8 seconds

**Contrôle de la démagnétisation de la pièce****Expérience 2 :**

La nature de courant : alternatif (AC).

La valeur de courant : (750 à 1250) ampères.

La distance entre les pôles : 450mm

La position des pôles aux extrémités de la pièce (voir figure III-1)

**Remarque :**

Le défaut de 1 mm de profondeur est nettement visible mieux que dans l'expérience précédents, le défaut de 2mm de profondeur est visible dont 2mm et 3mm de largeur.

**Démagnétisation de la pièce****Contrôle de la démagnétisation de la pièce**

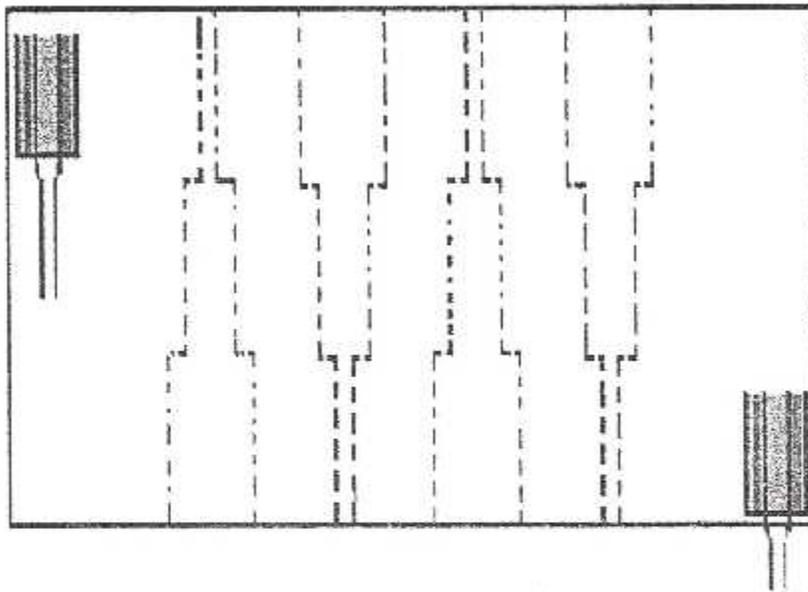


Fig III-1 : la méthode indirecte

**B- L'alimentation avec de courant continu****Expérience 3 :**

La nature de courant : continu (DC).

La valeur de courant : 250 ampères.

La distance entre les pôles : 450 mm

**Remarque :**

Le défaut de 1 mm de profondeur est visible pour 2 et 3mm de largeur.

Démagnétisation de la pièce

Contrôle de la démagnétisation de la pièce

**Expérience 4 :**

La nature de courant : continu.

La valeur de courant : 500 ampères.

**Remarque :**

Le défaut de 1 mm de profondeur est plus nette, que la première expérience et la forme de défaut se désigne à partir de 3mm largeur.

Démagnétisation de la pièce

Contrôle de la démagnétisation de la pièce

**Expérience 5 :**

La nature de courant : continu (DC).

La valeur de courant : 750 ampères.

**Remarque :**

Le défaut de 1 mm de profondeur est nettement visible que celui de 2mm de profondeur

Et la partie de défaut de 3mm de largeur est plus visible que celle 2 et 1mm de largeur.

**Démagnétisation de la pièce****Contrôle de la démagnétisation de la pièce****Expérience 6 :**

La nature de courant : continu

La valeur de courant : 1000 ampères.

**Remarque**

Le défaut de 1mm de profondeur est visible mieux que dans 750Amper.

Le défaut de 2mm de profondeur est mieux visible à 3mm et 2mm de largeur.

**Démagnétisation de la pièce****Contrôle de la démagnétisation de la pièce****Expérience 7 :**

La nature de courant : continu (DC).

La valeur de courant : 1250 ampères.

**Remarque**

Les défauts sont plus nets que dans les expériences précédente

**Démagnétisation de la pièce****Contrôle de la démagnétisation de la pièce****Expérience 8 :**

La nature de courant : continu (DC).

La valeur de courant : 1500 à 2000 ampères.

**Remarque**

Le défaut de 1mm de profondeur est visible sur toute la longueur de la pièce et le défaut de 2mm de profondeur est visible dans la partie de rainure de 2 et 3mm de largeur.

Le défaut de 3mm de profondeur est visible seulement au moment de magnétisation.

**Démagnétisation de la pièce****Contrôle de la démagnétisation de la pièce****C- Changement de la position des électrodes****Expérience 9 :**

La nature de courant : continu (DC).

La valeur de courant : (500 à 1000) ampères.

La distance entre les pôles : 400 mm

La position des pôles : voir la figure (III-2)

**Remarque**

Le défaut de 1mm de profondeur est visible, le défaut de 2mm de profondeur est nettement visible dans la partie de 3mm de largeur

Des coups d'arcs aux niveaux des électrodes

**Démagnétisation de la pièce****Contrôle de la démagnétisation de la pièce****D- Avancement des électrodes****Expérience 10 :**

La nature de courant : continu (DC).

La valeur de courant : (1000 à 1250) ampères.

La distance entre les pôles : 390 mm

La position des pôles voir la figure (II-3)

**Remarque ;**

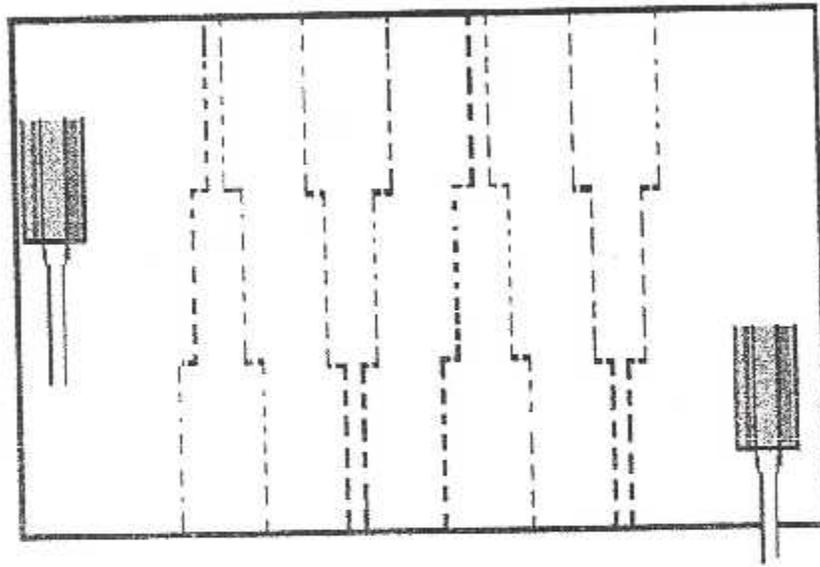


Fig III-2 : la méthode indirecte

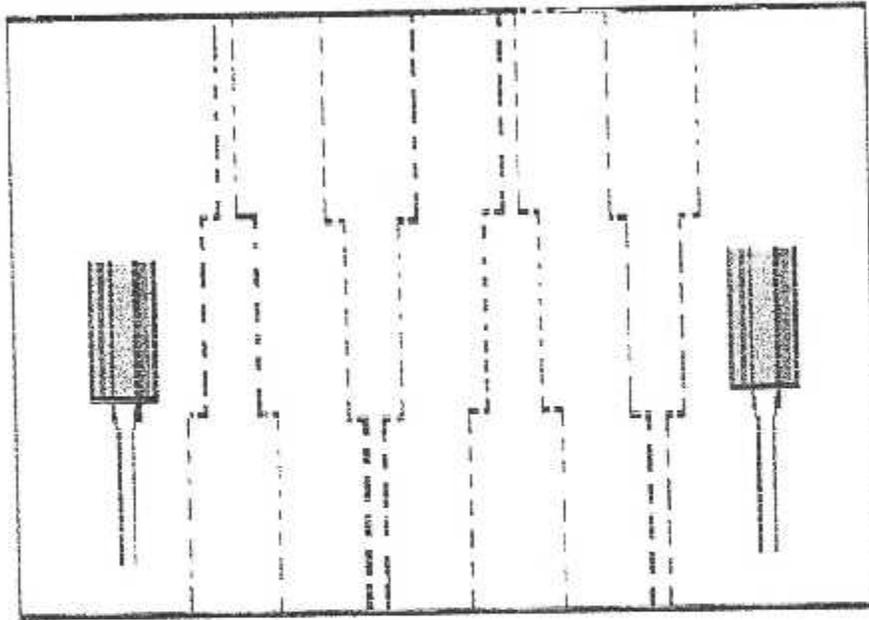


Fig III-3 la méthode indirecte

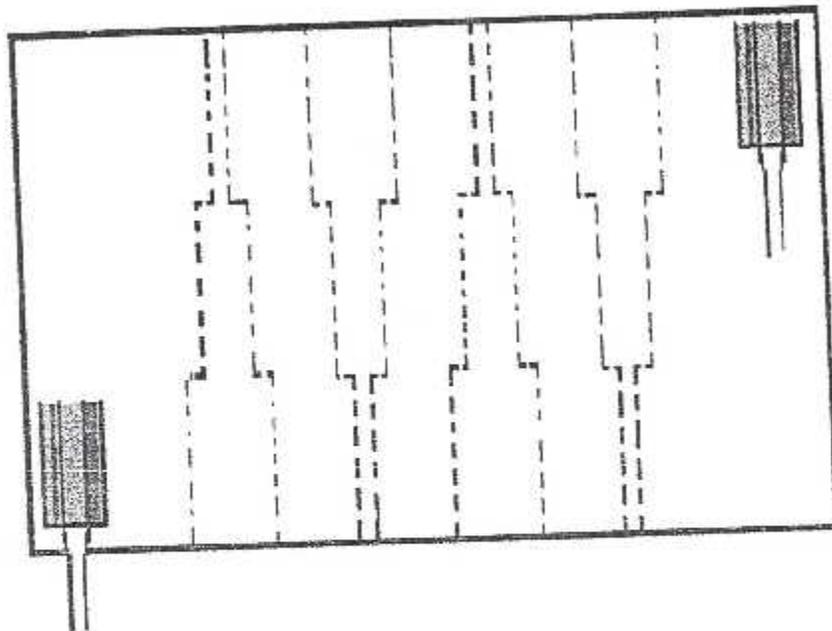


Fig III-3: la méthode indirecte

**Remarque :**

Le défaut de 1mm de profondeur est visible sur toute la longueur de la pièce

**Démagnétisation de la pièce**

**Contrôle de la démagnétisation de la pièce**

**F- La position des pôles est centre**

**Expérience 14 :**

**La nature de courant :** continu (DC).

**La valeur de courant :** 2500 ampères.

**La distance entre les pôles :** 300 mm

**La position des pôles voir la figure (III-5)**

**Remarque :**

Le défaut de 1mm de profondeur est visible sur tout la longueur de la pièce, est le défaut de 2mm est visible uniquement sur la parte de 2mm de largeur.

**Démagnétisation de la pièce**

**Contrôle de la démagnétisation de la pièce**

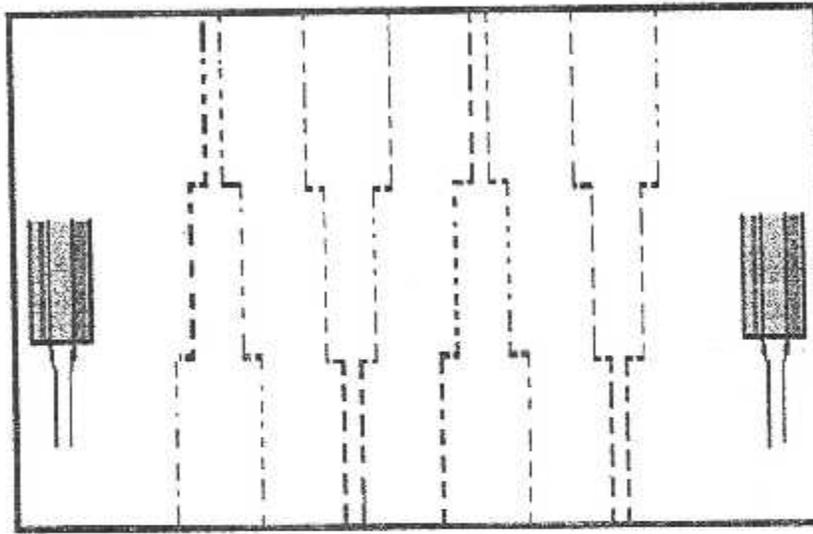


Fig III-5 : la méthode indirecte

### III-2-2. La méthode directe

Cette méthode exploite le champ d'excitation magnétique créée soit par des bobines ou solénoïdes, par un conducteur auxiliaire ( axial ), ou soit par des électro-aimants.

#### III-2-2-1. Contrôle avec la bobine

Pour faire cette manipulation il faut de bobine de diamètre est supérieure a dimension de la pièce

**La bobine set de diamètre de 60cm.**

#### A- L'alimentation avec de courant continu

##### Expérience 15 :

**La nature de courant :** continu (DC).

**La valeur de courant :** 250 ampères.

**La position de la pièce est au centre de la bobine voir la figure (III-6).**

##### Remarque :

Les défauts de 1mm et 2mm de profondeur sont nettement visibles.

#### Démagnétisation de la pièce

#### Contrôle de la démagnétisation de la pièce

##### Expérience 16 :

**La nature de courant :** continu (DC).

**La valeur de courant :** 500 ampères.

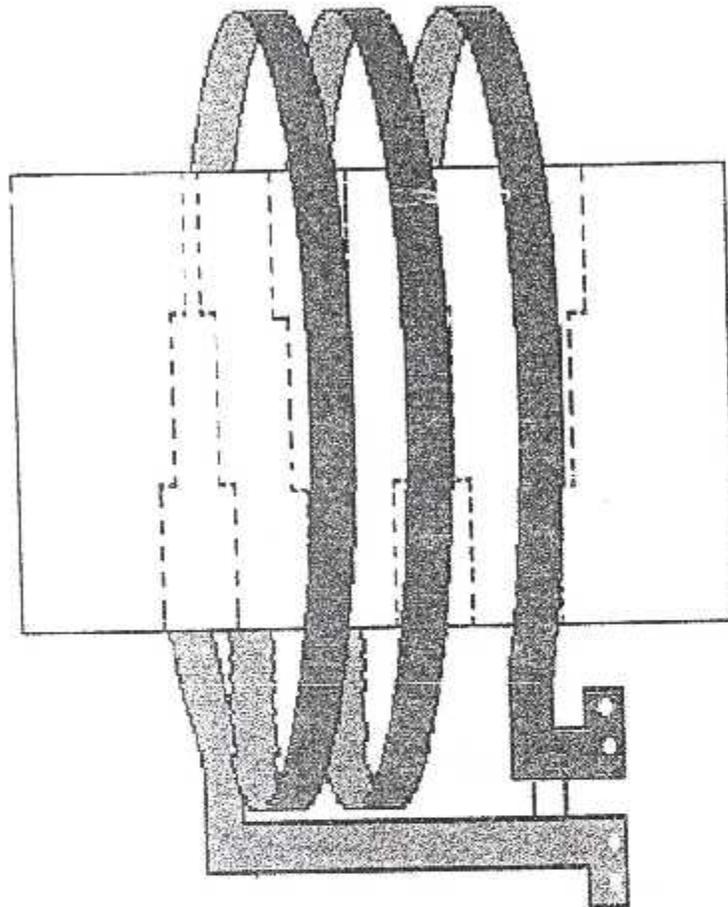


Fig III-6 : la méthode directe

**Remarque**

- Le premier défaut est totalement visible.
- Le deuxième défaut est visible pour 2 et 3mm de largeur.
- Le troisième défaut est peu visible.

**Démagnétisation de la pièce****Contrôle de la démagnétisation de la pièce****B- Changement la position de la pièce****Expérience 17 :**

La nature de courant : continu (DC).

La valeur de courant : 1000 ampères.

La position de la pièce est au centre voir la figue (III-7)

**Remarque :**

Même remarque pour le premier défaut.

Le deuxième défaut (2mm de profondeur) est plus visible pour les deux largeurs 2 et 3 mm.

Les autres défauts sont invisibles.

**Démagnétisation de la pièce****Contrôle de la démagnétisation de la pièce****Expérience 18 :**

La nature de courant : continu (DC).

La valeur de courant : 1000 ampères.

**Remarque :**

Les deux défauts de 1et 2mm de profondeur sont visibles sur toute la longueur de la pièce.

**Démagnétisation de la pièce****Contrôle de la démagnétisation de la pièce**

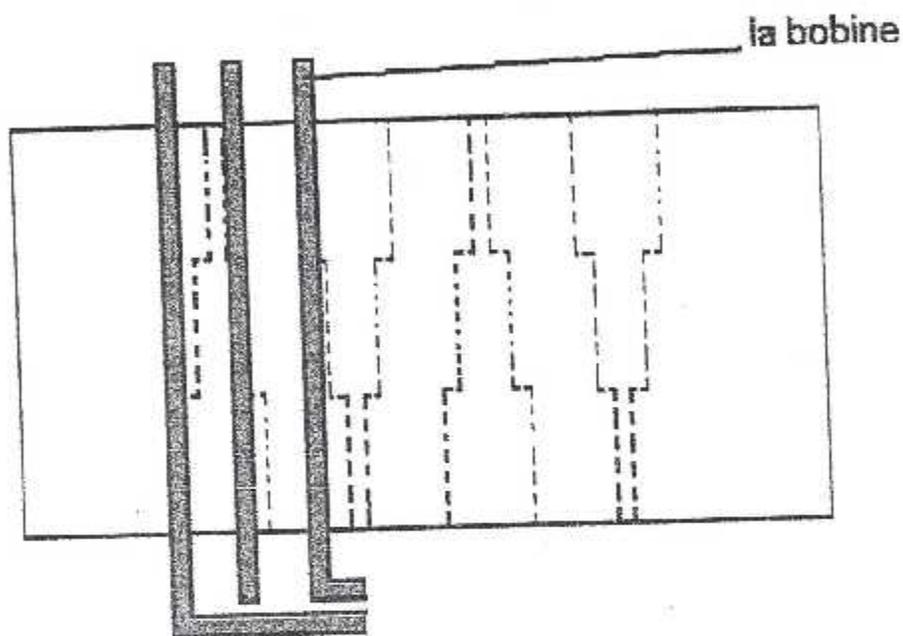


Fig III-7 : la méthode directe

### C- Changement la direction de champ

La direction de champ est parallèle ou rainure

#### Expérience 19 :

La nature de courant : continu (DC).

La valeur de courant : 1500 ampères.

La position de la pièce est au centre de la bobine voir la figure (III-8)

#### Remarque :

Le défaut de 1mm de profondeur est visible et le défaut de 2mm de profondeur est nettement visible.

Les lignes de champs ont laissé des traces qui nous ont permis de voir les défauts.

#### Démagnétisation de la pièce

Contrôle de la démagnétisation de la pièce

### D- Changement la position de la pièce et le champ de fuit

#### Expérience 20 :

La nature de courant : continu (DC).

La valeur de courant : 1000 ampères.

La distance de la pièce : 19cm ou paroi.

La position des pôles voir la figure (III-9)

#### Remarque :

Par rapport à la position de la pièce précédant le défaut est peu visible

#### Démagnétisation de la pièce

Contrôle de la démagnétisation de la pièce

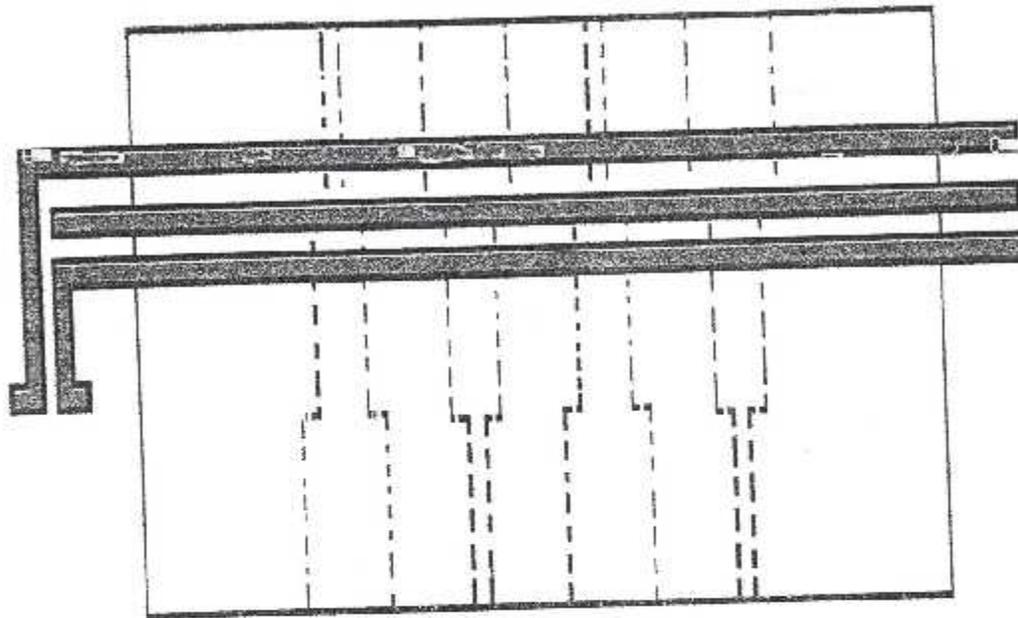


Fig III-8 : la méthode directe

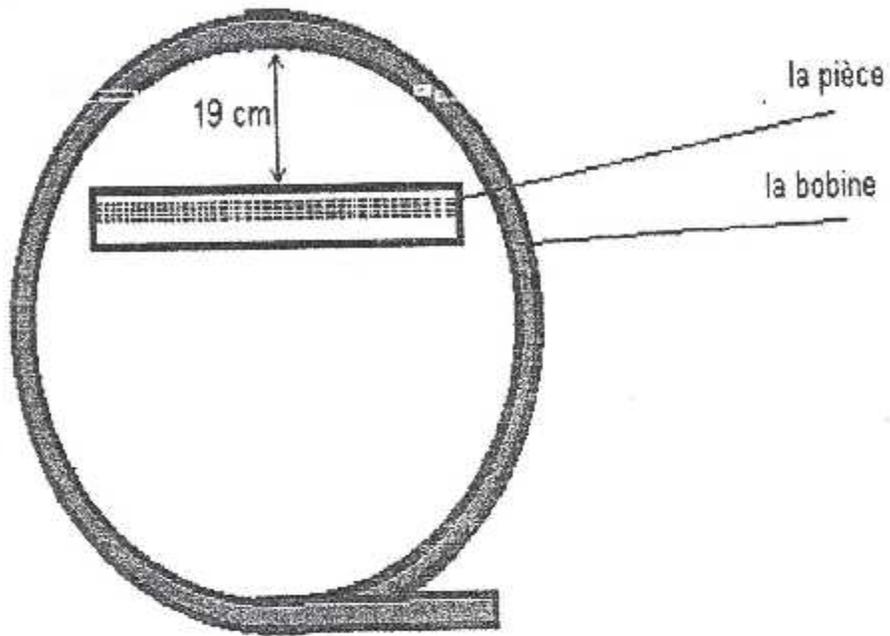


Fig III-8-1: la méthode directe

**Expérience 21 :**

La nature de courant : continu (DC).  
La valeur de courant : 1500 ampères.

**Remarque**

Les défauts sont mieux visibles que dans l'expérience précédente

Démagnétisation de la pièce.

Contrôle si la pièce est démagnétisée

**Expérience 22 :**

La nature de courant : continu (DC).  
La valeur de courant : 1500 ampères.

**E- L'alimentation avec de courant alternatif****Expérience 23 :**

La nature de courant : alternatif (AC).  
La valeur de courant : 500 à 1750 ampère.  
La distance de la pièce : 19cm ou paroi.  
La position voir la figure.

**Remarque :**

L'invisibilité des défauts.

Démagnétisation de la pièce

Contrôle de la démagnétisation de la pièce

**Expérience 24 :**

La nature de courant : alternatif (AC).  
La valeur de courant : 2000 ampères.

**Remarque :**

Les défauts de 1 et 2 mm profondeurs sont visibles.

Démagnétisation de la pièce

**La nature de courant :** continu (DC).  
**La valeur de courant :** 1500 ampères.

### **Remarque**

Les défauts sont mieux visibles que dans l'expérience précédente

**Démagnétisation de la pièce.**  
**Contrôle ci la pièce est démagnétisé**

### **Expérience 22 :**

**La nature de courant :** continu (DC).  
**La valeur de courant :** 1500 ampères.

### **E- L'alimentation avec de courant alternatif**

#### **Expérience 23 :**

**La nature de courant :** alternatif (AC).  
**La valeur de courant :** 500 à 1750 ampère.  
**La distance de la pièce :** 19cm ou paroi.  
**La position** voir la figure.

#### **Remarque :**

L'invisibilité des défauts.

**Démagnétisation de la pièce**  
**Contrôle de la démagnétisation de la pièce**

#### **Expérience 24 :**

**La nature de courant :** alternatif (AC).  
**La valeur de courant :** 2000 ampères.

#### **Remarque :**

Les défauts de 1et 2 mm profondeurs sont visibles.

**Démagnétisation de la pièce**  
**Contrôle de la démagnétisation de la pièce**

**Expérience 25 :**

La nature de courant : alternatif (AC).

La valeur de courant : 3000 ampères.

**Remarque**

La même observation pour les défauts 1 et 2mm de profondeur.

Le défaut de 3mm de profondeur est visible a largeur de 3mm.

**Démagnétisation de la pièce.**

**Contrôle ci la pièce est démagnétisé**

**Note :**

**F- L'alimentation avec quatre câbles pour la bobine**

**courant alternatif****Expérience 26 :**

La nature de courant : alternatif (AC).

La valeur de courant : 500 ampères.

La distance de la pièce : 19cm ou paroi.

La position voire la figure (III-9)

**Remarque :**

Le défaut de 1mm de profondeur est totalement visible.

Le défaut de 2mm de profondeur est visible à 2 et 3mm de largeur.

**Démagnétisation de la pièce**

**Contrôle de la démagnétisation de la pièce**

**Expérience 27 :**

La nature de courant : alternatif (AC).

La valeur de courant : 1500 ampères.

**Remarque :**

Le défaut de 1mm de profondeur est nettement visible.

Le défaut de 2mm de profondeur est visible à 2 et 3mm de largeur.

**Démagnétisation de la pièce**  
**Contrôle de la démagnétisation de la pièce**

**Expérience 28 :**

**La nature de courant :** alternatif (AC).

**La valeur de courant :** 2000 ampères.

**Remarque :**

Le défaut de 1 et 2mm de profondeur est visible.

Le défaut de 3mm de profondeur est visible à 3mm de largeur.

**Démagnétisation de la pièce**  
**Contrôle de la démagnétisation de la pièce**

**Expérience 29 :**

**La nature de courant :** alternatif (AC).

**La valeur de courant :** 3000 ampères.

**Remarque :**

Le défaut de 1,2 et 3mm de profondeur sont visibles.

**Démagnétisation de la pièce**  
**Contrôle de la démagnétisation de la pièce**

**Expérience 30 :**

**La nature de courant :** alternatif (AC).

**La valeur de courant :** (4000 à 4500) ampères.

**Remarque :**

Les défauts de 1,2 et 3mm de profondeur sont plus visibles.

**Démagnétisation de la pièce**  
**Contrôle de la démagnétisation de la pièce**

## Courant continu

### Expérience 31 :

La nature de courant : continue (DC).

La valeur de courant : 500 ampères.

La position de la pièce la même.

### Remarque :

Les trois défauts sont visibles (1,2 et 3mm de profondeur).

### Démagnétisation de la pièce

### Contrôle de la démagnétisation de la pièce

### Expérience 32 :

La nature de courant : continue (DC).

La valeur de courant : 1000 ampères.

### Remarque :

Les trois défauts sont nettement visibles.

### Démagnétisation de la pièce

### Contrôle de la démagnétisation de la pièce

### Expérience 33 :

La nature de courant : continue (DC).

La valeur de courant : 2000 ampères.

### Remarque :

Les trois défauts sont visibles mieux que dans la manipulation précédente, et le défaut de 4mm de profondeur est peu visible.

### Démagnétisation de la pièce

### Contrôle de la démagnétisation de la pièce

**Expérience 34 :**

**La nature de courant :** continue (DC).

**La valeur de courant :** 4000 ampères.

**Remarque**

Les défauts sont visible mieux que la précédant, est le 4<sup>ème</sup> défaut est visible sur tout la longueur de la pièce.

**Démagnétisation de la pièce**

**Contrôle de la démagnétisation de la pièce**

**Expérience 35**

On a utilisé dans cette expérience l'email de fer.

**La nature de courant: continu**

**La valeur de courant: 1000 Ampères**

**Remarque**

Les défauts de 1 mm et 2 mm de profondeur sont visibles sur toute la longueur de la pièce et le défaut de 3 mm de profondeur est visible uniquement à la partir de 2mm et 3mm de largeur.

**III-3-3 .L'aimantation avec électro-aimant****A- Courant alternatif.****Expérience 36 :**

**La tension de courant 220 volte**

**La valeur de courant : 10 Ampères.**

**La position de électro-aimant voir la figure (III-10)**

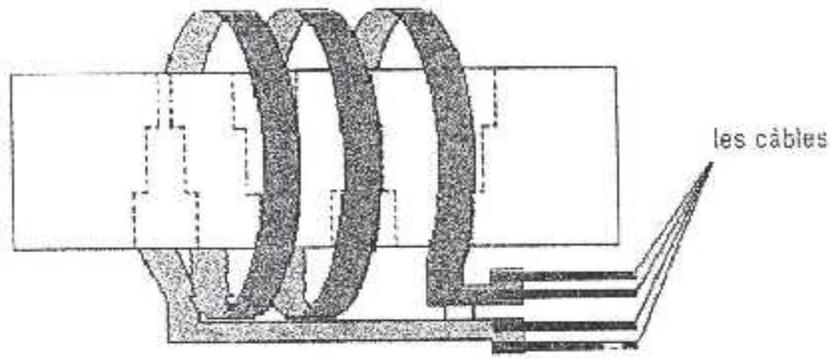
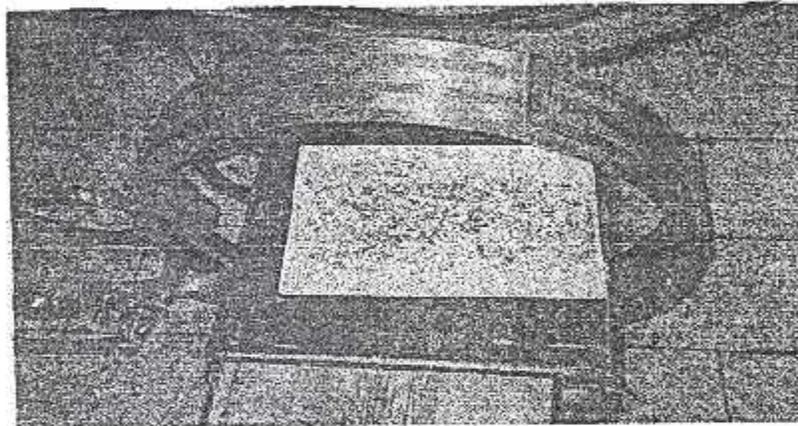
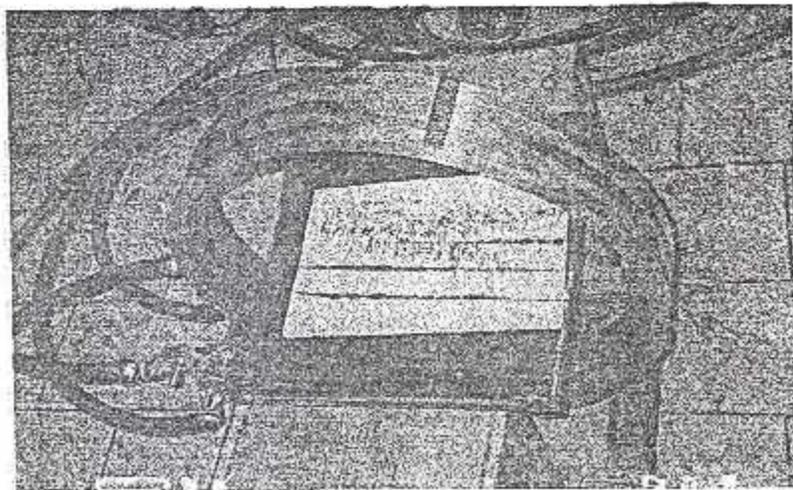


Fig III-9 la méthode direct



Avant la magnétisation



Après la magnétisation

**Remarque**

Le défaut de 1mm de profondeur est visible sur toute la longueur de la pièce.

**Démagnétisation de la pièce.**

Pour la démagnétisation pièce il faut que nous inversions les pôles de champ, pour ce l'il faut inverser les pôles de l'électro-aimant dans la pièce

Pour assuré la démagnétisation en frappant légèrement la pièce a l'aide marteau ou une clé

**Contrôle ci la pièce est démagnétise****B- Courant continu**

Note :

Pour ce l'en à besoin de transformateur de courant

Le caractéristique de transformateur suivant :

La tension de la sortie 0 a 24volt

**Expérience 37 :**

La nature de courant : continu (DC).

La tension de courant 9 volte

La valeur de courant : 1,5 ampères.

La résistance de la bobine est

$$U=R.I$$

$$R=6\Omega$$

**Remarque pour les trois positions**

Le défaut de 1mm profondeur est visible sur toute la longueur de la pièce, et le défaut de 2mm de profondeur est visible sur la patric de 2 et 3mm de largeur de rainure.

**Démagnétisation de la pièce.**

Pour la démagnétisation la pièce il faut qu'en inversé les pôles de l'alimentation de l'électro-ai.nant

**Contrôle de la démagnétisation de la pièce**

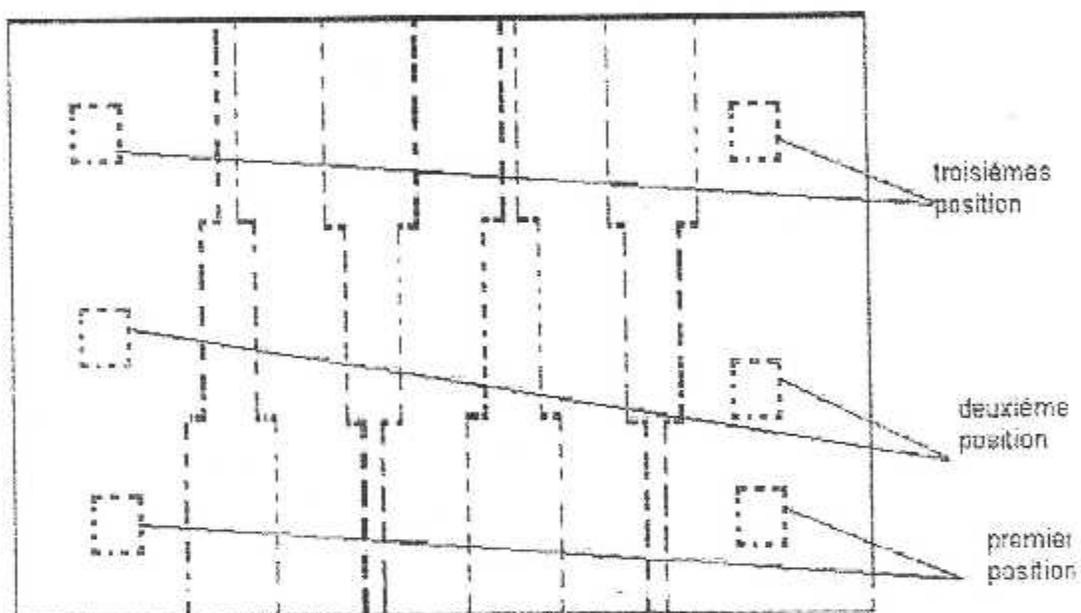


Fig III-10 la méthode directe

### Commentaires

Les conclusions que l'on peut tirer de ce travail et qui pourront être bénéfiques à l'opérateur et l'inspecteur de contrôle non destructif sont :

- On rend le défaut plus net en augmentant le courant jusqu'à une valeur de 3000 A au-delà de cette valeur on obtiens aucun changement. Cela s'explique par la saturation du matériaux
- La magnétisation par le courant continue donne des meilleurs résultats que par le courant alternatif ( défaut profond )
- La magnétisation par passage de courant provoque un chauffage de la pièce et une détérioration de l'état de surface par création d'arc électrique.
- La magnétisation par une bobine donne des résultats meilleurs que dans le cas d'une magnétisation par électrodes.
- Le temps mis pour la démagnétisation des pièces dans le cas de courant continue est plus important que celui de courant alternatif qui est dû au champ rémanent.
- Si l'on réalise un contrôle magnétoscopique sur la même pièce , mais suivant une direction d'aimantation différente , la présence de l'aimantation rémanente souhaitée, et donc d'entraver la détection des défauts.
- Si l'on réalise des usinages ultérieurs, les copeaux risquent alors de ( coller ) à la pièce.
- Si l'on réalise des soudage, notamment par faisceau d'électrons, la présence d'une aimantation rémanent risque de dévier le faisceau d'électrons .
- Elle risque de fausser les indication d'appareillage de bord dans un avion , ou encore , si elle risque de retenir des particules ferromagnétiques .
- Si la pièce doit subir un traitement thermique au delà du point de recuit , il n'est pas nécessaire de faire une désaimantation.

CHAPITRE IV

INSPECTION PAR

MAGNETOSCOPIE

EN AERONAUTIQUE

Durant la période de notre visite à l'aéroport d'air Algérie dans le service NDT des sous direction technique révision motrice, nous avons assister à des méthodes techniques comme Ressuage, Magnéscope, Ultrason, courant de foucault et le Radiographie.

Explication de la procédure :

Le service engineering établit un rapport appelé (routing sheet) est envoyé au service NDT ce rapport est défini comme suit :

- Cause de L'inspection
- Méthode d'inspection
- Numéro de la pièce de la pièce (S/N et P/N)

Une fois le rapport est reçu par le service NDT ce dernier doit suivre la procédure a

Effectuer à L'aide des manuels qui ont été délivré par le constructeur indiquant toutes les étapes à suivre

- Le type de courant
- Les spot
- Le schéma de la pièce

2004/09/01

DIRECTION TECHNIQUE  
S/D REVISION MOTEURS  
DPT ENGINEERING

ROUTING SHEET

Cl: ..... client: .....

DESIGNATION : Pièce Arrière des Léviers Mécanisation  
PIN : 81001 - 004 - 003  
S/N : Qte = 32  
ESN/MODULE N°

ENG.WO. N°  
MISE EN ROUTE PAR:  
LE:

| SECTION<br>ATELIER | OPERATIONS  | DATE                     | DATE FIN  | SIGNATURE    | TAT |
|--------------------|---|--------------------------|-----------|--------------|-----|
|                    |   | EMISSION                 | DATE SORT | PRODCT/CCNTR |     |
| Net.               | Procéder au nettoyage de la pièce selon procédure :<br>manuel § 71-20-01 (nettoyage chimique)<br>manuel § 71-20-01 (nettoyage chimique)<br>wire | Eng. Process<br>21/07/03 | 21/07/03  | [Signature]  |     |
| Insp.<br>Visuelle  | Faire l'inspection visuelle pour absence de défaut,<br>corrosion ou autre endommagement non toléré. Voir procédure                              | Engineering<br>22/07/03  |           | [Signature]  |     |
| NDT                | Inspection par cisage selon CMM FOKKER<br>§ 71-20-01 (voir copie)   | 02/07/03<br>[Signature]  |           |              |     |
| Insp. Vis          | Insp. Dim des boulons selon Procéd<br>ci jointe   | 02/07/03<br>[Signature]  |           |              |     |
|                    |   |                          |           |              |     |
|                    |   |                          |           |              |     |
|                    |   |                          |           |              |     |
|                    |   |                          |           |              |     |
|                    |   |                          |           |              |     |
|                    |   |                          |           |              |     |
|                    |   |                          |           |              |     |
|                    |   |                          |           |              |     |
|                    |   |                          |           |              |     |

NET.CH: nettoyage chimique.      NDT: inspection NDT.      CHAUDR: atelier chaudronnerie  
L.TABLE: inspection table.      M.G: mécanique générale      PEINT: atelier peinture.  
L.DIMENS: inspection dimensionnelle.      SOUD: atelier soudure      PEINT: atelier peinture.  
EQUIL: atelier équilibrage

FICHE VERTE ETABLIE LE: .....  
PIECE REBUTER SE: .....  
PIECE A EXPEDIER POUR: .....

REF: .....

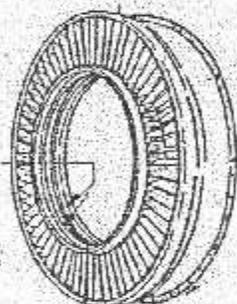
Le manuel d'inspection par magnétoscoie (SABENA)

- spop 119 : la méthode d'inspection
- la valeur de courant : 3500 Ampères
- la série de la pièce P/N :5III77

|  |   |                                   |
|--|---|-----------------------------------|
| <b>SABENA</b><br><small>SAFETY AIRCRAFT</small><br>CT. NO.<br>ISSUE N° | ILLUSTRATED INSPECTION RECORD.<br>JT8D -7,-7A,-9,-9A,-15,-15A,-17,-17A,-17AR. | PAGE 4 OF 4<br>ENCL. N°:<br>DATE: |
|  | FRONT COMPRESSOR N°   | AG. 21                            |

MAGN. PART. IREP.

STEEL STATORS ONLY

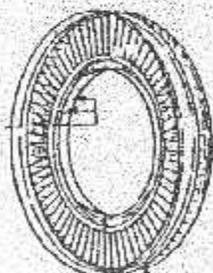


STATOR 2<sup>nd</sup> ST  
 INDUCED CURRENT  
 FIXTURE 3500 A

SPOP 119

CODE 0089-01  
 QTY: 1

REMARKS:



STATOR 3<sup>rd</sup> ST  
 INDUCED CURRENT  
 FIXTURE 3500 A

SPOP 119

CODE 0090-01  
 QTY: 1

REMARKS:

|                      |                                 |                            |
|----------------------|---------------------------------|----------------------------|
| APPROVED D. REV. NO. | APPROVED CT. NO.<br>G.E.D.M.C.T | APPROVED DATE.<br>07/02/94 |
|----------------------|---------------------------------|----------------------------|

**SABENA**

CT. NO.  
1890F N° 4

ILLUSTRATED INSPECTION RECORD.

JT8D -7, -7A, -9, -9A, -15, -15A, -17, -17A, -17AR.

REAR COMPRESSOR (N2)

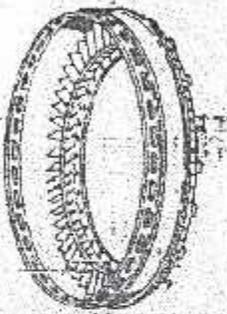
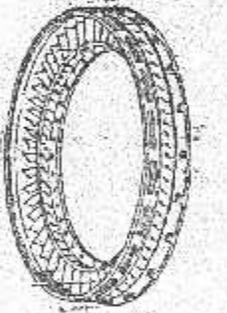
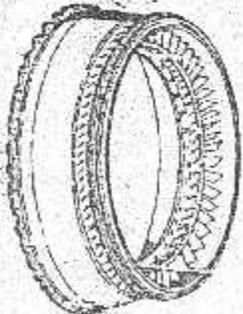
-PAGE 1 OF 6

ENG. N° :

DATE :

**AG.19**

MAGN. PART. INSP

|   |   |                              |
|---|---|------------------------------|
|   | Vane & Shroud 7st.<br>P/N 511177<br>QTY 1<br>AMP 1. 1000.<br>2. 2000. | Remarques                    |
|   | Fixture 3500 A  | I   2   3   4   5<br>0867-01 |
|  | Vane & shroud 8st.<br>P/N 511178<br>QTY 1<br>AMP 1. 1000.<br>2. 2000. | Remarques                    |
|   | Fixture 3500 A  | I   2   3   4   5<br>0868-01 |
|  | Vane & shroud 9st.<br>P/N 57859<br>QTY 1<br>AMP 1. 1000.<br>2. 2000.  | Remarques                    |
|   | Fixture 3500 A  | I   2   3   4   5<br>0869-01 |

SPOP 119

SPOP 119

SPOP 119

APPROVED  
T. REV. MO

APPROVED  
CT. MOT. A. LEROY

APPROVED  
DATE 27/05/61

## Bilan des pièces contrôle par magnétoscopie au cours de l'année 2003

### 1 Bâti moteur:

P/N : 2718101000

Résultat : pas de crique

### 2 MPI complet de moteur JT8D

P /N : 65DD-54201-6

S /N : 1087

Résultat : pas de crique .

### 3 MPI (basse e flux)

S/N : 310T3077-2

#### Fitting

S/N : 31042031-2

P/N : 464 DF

Résulta : pas de crique.

#### Fitting

S/N : 31042032

P/N : 88

Résultat : pas de crique.

### 4 MPI des 06 fuel Nozzel

S /N : 674320

TSN/SCN : 5395

TSO/CSO : 912

Résultat : pas de crique.

- 01 S/N AG-11----- Résulta : pas de crique.
- 02 S/N AG-73988----- Résulta : pas de crique .
- 03 S/N AG-536.41----- Résulta : pas de crique .

- 04 S/N AG-51422----- **Résulta** : pas de crique .
- 05 S/N AG-52723----- **Résulta** : Crique externe de 06mm
- 06 S/N AG-67156----- **Résulta** : pas de crique .

# Exemple du controle par magnetoscopie

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>AIR ALGERIE</b><br>DIRECTION TECHNIQUE<br>ENTRE REVISION MOTEURS<br>DEPARTEMENT ENGINEERING | <br><b>SHOP FINDINGS REPORT</b><br><i>Specimen Pour</i><br><i>STAGIREE</i> | Ref. W/O :<br>S.N. :<br>P.N. :<br>Origine : |
|--|---|---|

|        |             |             |
|--------|-------------|-------------|
| ICSN : | TSR / CSR : | TSO / CSO : |
|--------|-------------|-------------|

| CM | Constataions   | Dates et Visas |          |
|----|--|----------------|----------|
|    |  | PRODUCTION     | CONTROLE |
|    | <p>ENGT / 05 / 98 Inspection de boulons de fixation<br/>           moteur Hercule selon OVAR manuel</p> <p>PN / NA° 636 A88 Nbre 07<br/>           PN / NAS A 74 Nbre 07</p> <p>Inspection effectuée au MPI Résultat : Pas de<br/>           criques.</p> <p style="text-align: center;">Le 16/03/1998</p> |                |          |



AIK ALGERIE

DIRECTION TECHNIQUE

CENTRE REVISION MOTEURS

DEPARTEMENT ENGINEERING

# SHOP FINDINGS REPORT

specimen pour  
STAGUIRE

REV/0:

S.N. :

P.N. :

Origine :

TSN/CSN :

TSR/CSR :

TSU/CSU :

Sem

Constatations

Date et Vises

PRODUCTION

CONTROLE

ENGT / 06 / 98 GEAR BOX DOUTY ROTOL

PTG9 / 16 A x B

SN DEG 253 / 76 ORIGINE 7 TVRQ

Inspection au MPI des Pignons suivants :

Iteur 8 GEAR WHEEL PPE - PN 60226 3033 SN BS 2637

Iteur 9 GEAR WHEEL SPUR - PN G268 37

Résultat : Pas de criques.

Le 16/03/1998







# CONCLUSION

## Conclusion

Vue l'intérêt de la sécurité et l'entretien des appareils dans le domaine Aéronautique, le contrôle non destructif occupe une place très importante en particulier le contrôle magnétoscopique.

Le travail effectu<sup>a</sup> au C S C, nous ~~ont~~ permet d'exploiter nos connaissances dans le domaine de contrôle non destructif.

Les défauts réalisés sur les pièces ferromagnétiques ont été détectés et identifiés avec une précision satisfaisante par le procédé de contrôle par magnétoscope.

Cette technique peut être appliquée sur toutes les pièces ferromagnétiques quelque soit leurs taille, forme, composition et structure. Elle possède une faculté de détection des défauts situés en surface au sous jacent, elle est très simple, peut être utilisée pratiquement par tout, l'utilisation d'un équipement portable ~~En~~ outre <sup>et</sup> est facilité d'optimiser les paramètres de contrôle Ce qui permet une interprétation plus régulière. *rapportuse*

Ce travail permet a l'opérateur d'optimiser les paramètres de contrôle et de faciliter l'interprétation des résultats.

Ce travail effectu au laboratoire d'électronique, et d'électrotechnique du centre de recherche C S C nous a permis de :

- Travaill<sup>er</sup> avec une équipe de recherche.
- Appliquer nos connaissances en aéronautique.

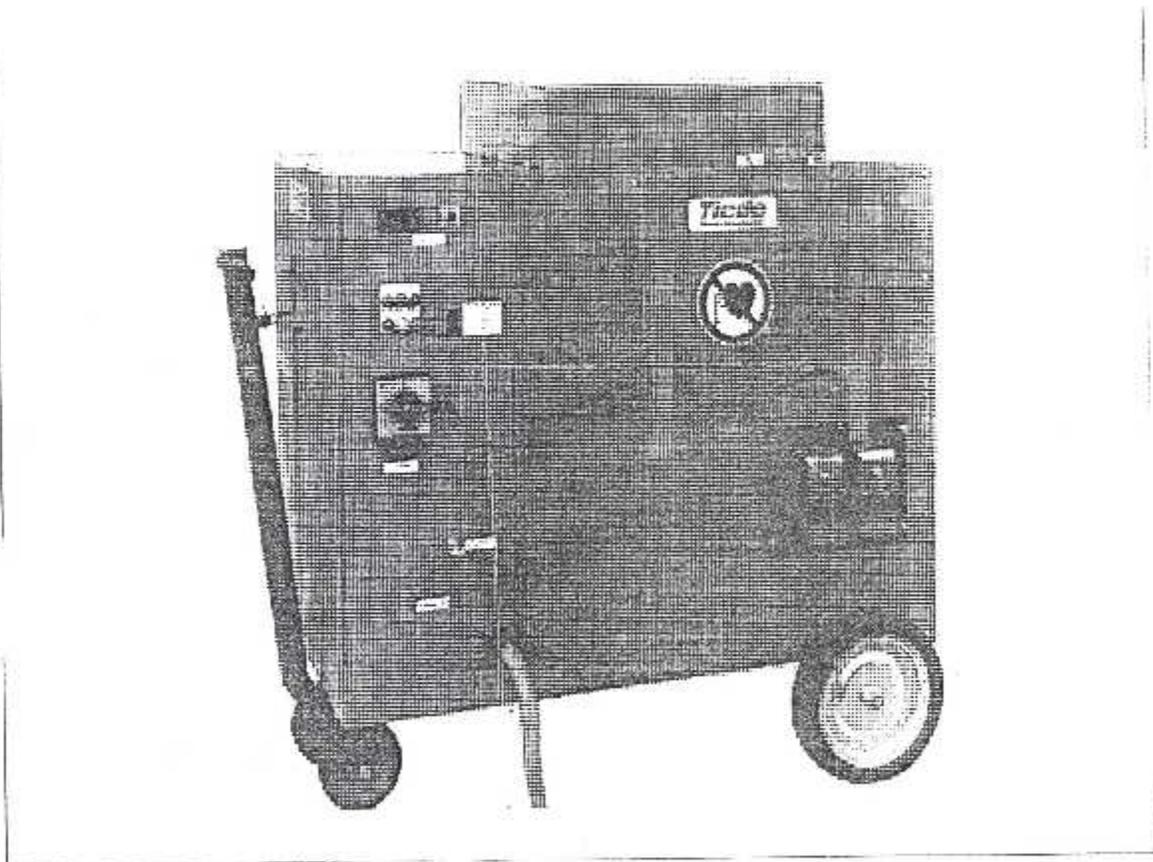
Enfin nous espérons que ce travail sera un moyen efficace et un support utile pour les futures étudiants et leur donnera le gout d'une discipline qui ne cesse de conditionner dans une large mesure, le développement industriel en général est L'Aéronautique en particulier.

ANNEKE

## Description des équipements

### 1. Le générateur de courant

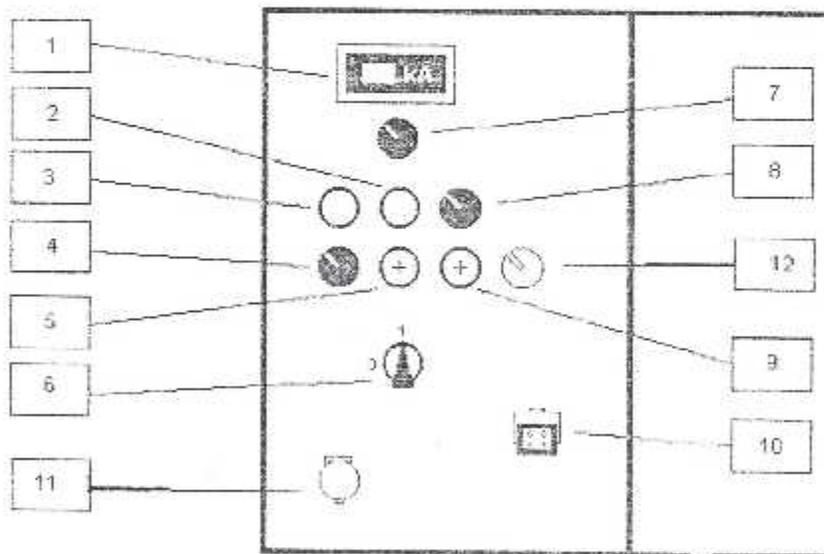
C'est un générateur fixe au mobile de courant réglable de( 0 Ampère à 6000 Ampères , et de nature de courant et continu ou alternatif de 50 HZ de fréquences ,et en meme temps c'est un démagnétiseur des pièces



**Le générateur de courant**

## Les éléments de fonctionnement de générateur

- 1 Afficheur numérique
- 2 lampe de courant DC
- 3 lampe de courant AC
- 4 commutateur pour le choix AC /DC
- 5 bouton poussoir pour le démagnétisation
- 6 commutateur de forces de courant
- 7 réglage de courant
- 8 commutateur pour le choix de courant alternatif au continu
- 9 lampe et bouton de la remise
- 10 douille pour le commande de pied
- 11 Douille pour la lumière UV
- 12



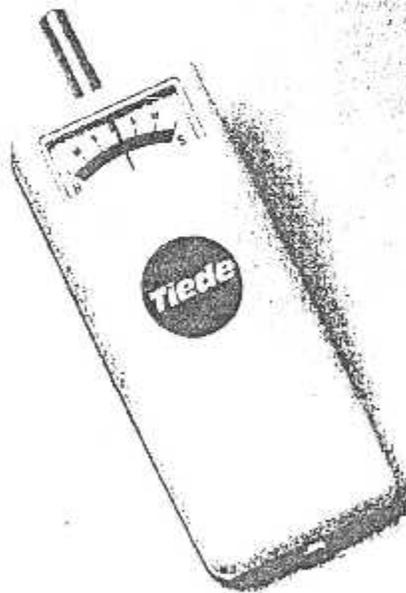
Les éléments de fonctionnement de générateur

## 2 . Le magnétomètre

Le magnétomètre convient à la détermination de la rémanence présente dans les pièces lors des l'essai précédents afin d'effectuer le processus de démagnétisation.

Le magnétomètre ne peut pas être calibré, il convient exclusivement aux mesures de comparaison.

Le magnétomètre doit être tenue verticalement sur la pièce, la rémanence peut être lu directement sur l'échelle.



### 3 Mesureur de champ

Le mesureur de champ est utilisé pour la mesure de l'intensité du champ magnétique tangentiel dans le cas du courant alternatif ainsi que dans le cas du courant continu.

Ce mesureur de champ est relié à une sonde à effet de Hall tangentielle, cette sonde sera directement placée sur la pièce lors de l'opération de magnétisation. Le voltage à travers la sonde à effet de Hall varie selon la variation de l'intensité du champ magnétique tangentiel, ainsi on peut directement lire la valeur du champ magnétique tangentiel directement sur l'échelle du mesureur du champ.

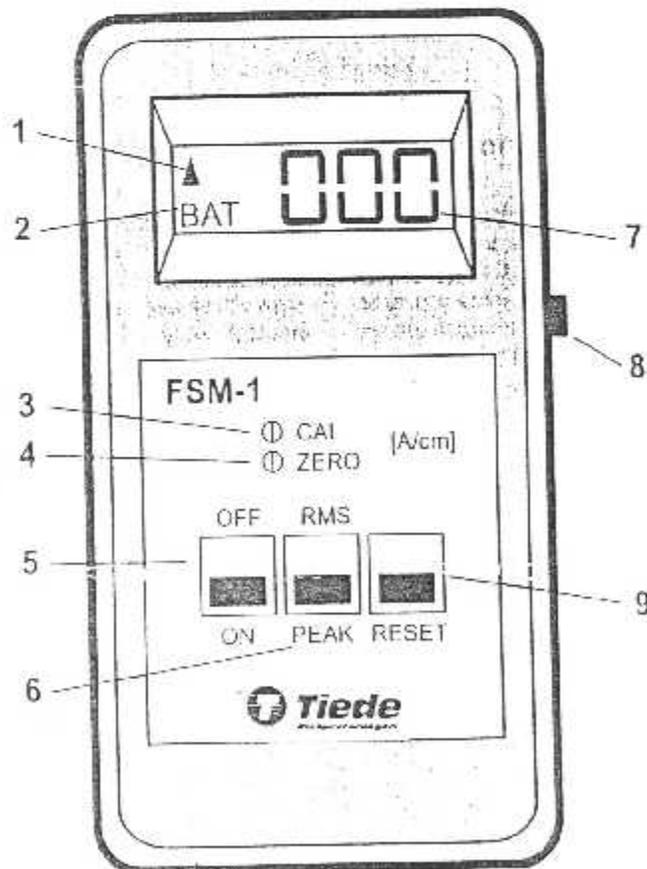
L'intensité du champ peut être affichée soit en valeur effective soit en valeur maximale.

Avant toute utilisation du mesureur de champ la mise à zéro est toujours nécessaire ainsi que le calibrage.

Le calibrage se fait au moyen d'un aimant permanent de référence, au moment où on place la sonde sur cet aimant on devrait avoir un affichage de si non on doit effectuer un ajustement au niveau du mesureur de champ jusqu'à l'obtention de cette valeur.

### 3-1. Description de Mesureur de champ( fsm-1):

- 1 Affichage pour l'option maximale de valeur
- 2 Affichage de batteries
- 3 Ajustements de calibrage
- 4 Ajustements de zéro
- 5 "La marche/arrêt" - bouton
- 6 Valeur efficace de présélections / valeur maximale
- 7 Affichage de l'affichage à cristaux liquides
- 8 Douille de raccordements pour le câble de sonde
- 9 Bouton remis à zéro par pour le dispositif de stockage maximal de valeur



#### 4. Le révélateur magnétique

Les produits utilisés dans le domaine aéronautique sont essentiellement des révélateurs liquide fluorescents en raison de leur meilleure sensibilité de détection

Ils sont constitués d'une poudre magnétique à grains fins en suspension dans un liquide porteur

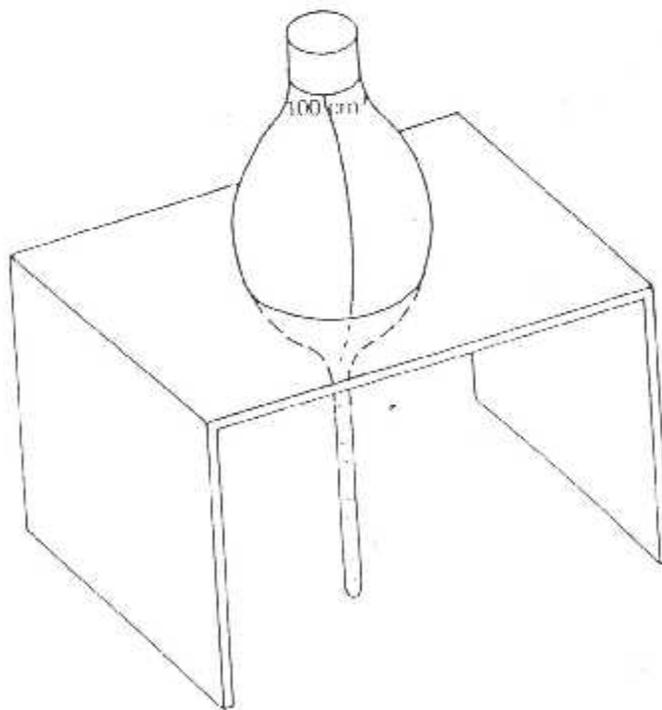
Le liquide porteur est un produit pétrolier (généralement du kérosène désaromatisé de type kérosène présentant les propriétés suivants :

1. Haut point d'éclair
2. Viscosité, cinématique inférieur ou égale à 5 sont stockés à 20°C

\*La poudre est constituée de grains ferromagnétiques enrobés dans une substance fluorescente sans lumière ultra-violette

\*La dimension des grains sont inférieure à 30µm, la concentration volumique de produit doit être vérifiée périodiquement, à l'aide d'une éprouvette de sédimentation

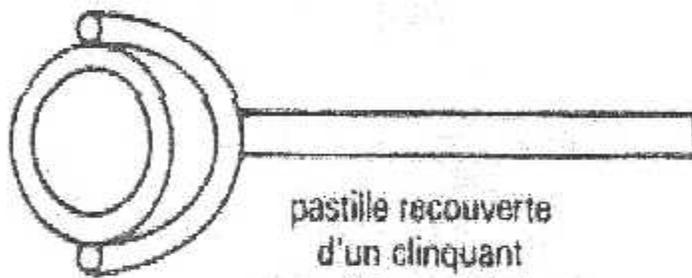
Après avoir laissé reposer le liquide révélateur pendant 30 minutes, le volume déposé doit être compris entre 25 ml pour 100ml (0,1% à 0,7%) et doit être conforme aux spécifications du fournisseur de produit



## 5. Témoins en magnétoscopie

Le mesure de champ tangentiel en résout pas totalement le problème d'étalonnage et en particulier il ne prend pas en compte l'efficacité du révélateur

Des témoins , placés en contact direct avec la surface de la pièce, permettent de tester l'efficacité globale de la méthode à savoir les condition d'aimantation et l'aptitude de révélateur.



pastille recouverte  
d'un clinquant  
amagnétique de 0,1 mm  
serti dans un couvercle

discontinuité  
magnétique en  
croix (env. 0,3)



Ø 12  
épaisseur  
env. 5 mm

Témoin allemand (BERTHOLD)

# BIBLIOGRAPHIE