

# **Chapitre 3 :**

# **La magnétoscopie**

## Chapitre 3 : La magnétoscopie

### I. Introduction

Le magnétoscope complète l'examen visuel. Souvent les imperfections de surface, surtout lorsqu'il s'agit de solution de continuité, restent peu visibles au ressuage malgré tout le soin apporté. Parfois même si les anomalies débouchant, le milieu ne permet pas d'avoir recours au ressuage (pièces immergées par exemple).

Lorsque le ressuage est insuffisant, on a recours à la magnétoscopie sous ses différentes formes: passage de courant électrique, passage de flux magnétique.

### II. Définition

La norme **NF A09-590** définit la magnétoscopie comme suit:

"L'examen magnétoscopie consiste à soumettre la pièce ou une partie de la pièce à un champ magnétique de valeur définie en fonction de la pièce. Les discontinuités superficielles provoquent à leur endroit des fuites magnétiques qui sont mise en évidence par des produits indicateurs déposés à la surface de la pièce. L'image magnétique obtenue est observée dans des conditions qui dépendent du produit indicateur utilisé."

Le contrôle par magnétoscopie permet la détection de défauts superficiels débouchant ou sous-jacents dans les matériaux ferromagnétiques.

Un matériau est dit ferromagnétique si lorsqu'il est soumis à un champ magnétique de 2400 A/m il présente une induction d'au moins 1 Tesla (**NF A 09-125 de Janvier 1982**). En effet un champ magnétique élevé ne peut s'obtenir que sur les matériaux ferromagnétiques.

### III. Matériaux ferromagnétiques

Parmi les matériaux courants on peut considérer comme étant ferromagnétique :

<ul style="list-style-type: none"> <li>- le fer pur,</li> <li>- la fonte,</li> <li>- le nickel,</li> <li>- le cobalt,</li> <li>- les aciers moulés, forgés,</li> <li>- les aciers ordinaires au carbone, au silicium et faiblement alliés,</li> <li>- les aciers à 3,5 - 6 et 9% de nickel (martensitique et ferritique -martensitique)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- les aciers ferritiques au chrome,...et globalement tous les matériaux sensibles à l'action d'un aimant.</li> <li><b>Par contre</b>, les aciers austénitiques, les aciers à 12% de manganèse, les aciers à 17% de chrome, 4% de nickel, 1% de molybdène mais aussi l'aluminium, le cuivre, le titane, le magnésium, le laiton, le bronze, le plomb et leurs alliages ne sont pas considérés comme ferromagnétiques à cause de leur perméabilité magnétique trop faible.</li> </ul>
--	--

## IV. Principe de la méthode

Mise en présence d'un champ magnétique, la pièce ferromagnétique à examiner est parcourue par des lignes de forces. Lorsque ces lignes de force rencontrent un défaut dans la pièce, elles ne le traversent pas, mais la perturbation ainsi produite se transmet aux lignes de forces adjacentes et se propage jusqu'aux lignes proches de la surface de la pièce. Ces dernières vont alors "fuir" à l'extérieur, créant un champ local dénommé " champ de fuite" au droit du défaut.

### 1. Phase d'excitation

C'est la phase initiale qui consiste à soumettre la pièce à l'action du champ magnétique. Trois paramètres importants sont à prendre en considération dans cette phase :

- la nature du champ magnétique,
- l'intensité du champ magnétique,
- la direction du champ magnétique.



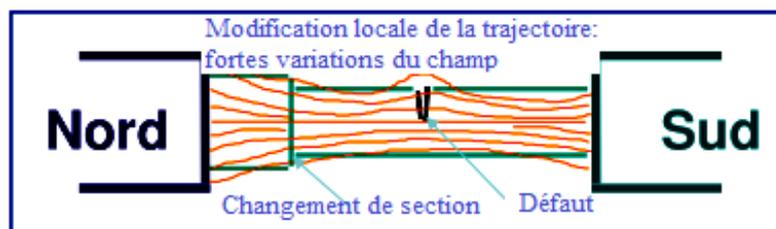
- a. **La nature du champ magnétique** : On peut rencontrer, suivant les installations utilisées, les formes d'ondes suivantes : monophasée sinusoïdale, monophasée redressée simple ou double alternances, triphasée redressée simple ou double alternances. La forme d'onde utilisée réagit essentiellement sur la pénétration des lignes d'induction dans la section de la pièce se qui agit sur la précision de détection des défauts.
- b. **L'intensité du champ magnétique** : Ce paramètre influe sur les conditions d'aimantation du matériau : une valeur trop élevée provoque la saturation de l'induction dans le matériau, ce qui n'est pas souhaitable.
- c. **La direction du champ magnétique** : La sensibilité est optimale lorsque la direction est perpendiculaire à la direction présumée du défaut. C'est pourquoi on réalise généralement un contrôle suivant deux directions de champ orthogonales.

### 2. Phase de perturbation

C'est la phase la plus complexe car elle traduit l'interaction entre le matériau, le défaut et le champ excitateur. Les paramètres à prendre en considération dans cette phase sont les suivants :

- nature ferromagnétique du matériau,
- géométrie de la pièce,
- géométrie et position du défaut,
- nature du milieu constitutif.

- a. **Nature ferromagnétique du matériau :** La courbe d'évolution de la perméabilité magnétique relative en fonction du champ magnétique est une caractéristique propre du matériau, présentant un maximum pour une valeur précise du champ excitateur : c'est pour cette valeur maximale que l'efficacité de la méthode est la plus grande. Dans la pratique, un compromis est adopté autour de cette valeur.
- b. **Géométrie de la pièce :** La carte des lignes d'induction dans la pièce, ou son voisinage immédiat, est influencée par le profil de la pièce.
- c. **Géométrie et position du défaut :** La perturbation des lignes d'induction, localement à l'aplomb de défaut conduit à un gradient d'induction dont l'intensité est fonction de la largeur du défaut, de sa profondeur et de sa position sous la surface.



### 3. Phase de révélation

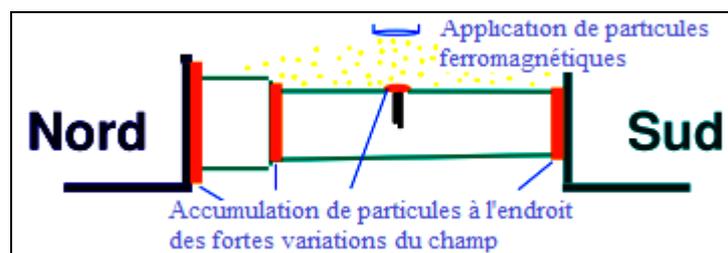
Le mécanisme mis en jeu dans cette phase résulte d'un équilibre des forces auxquelles sont soumises les particules de révélateur : force due à la pesanteur, force due à l'action mécanique de projection et force magnétique due au gradient local d'induction. Cette dernière force dépend du volume de la particule et de son aimantation.

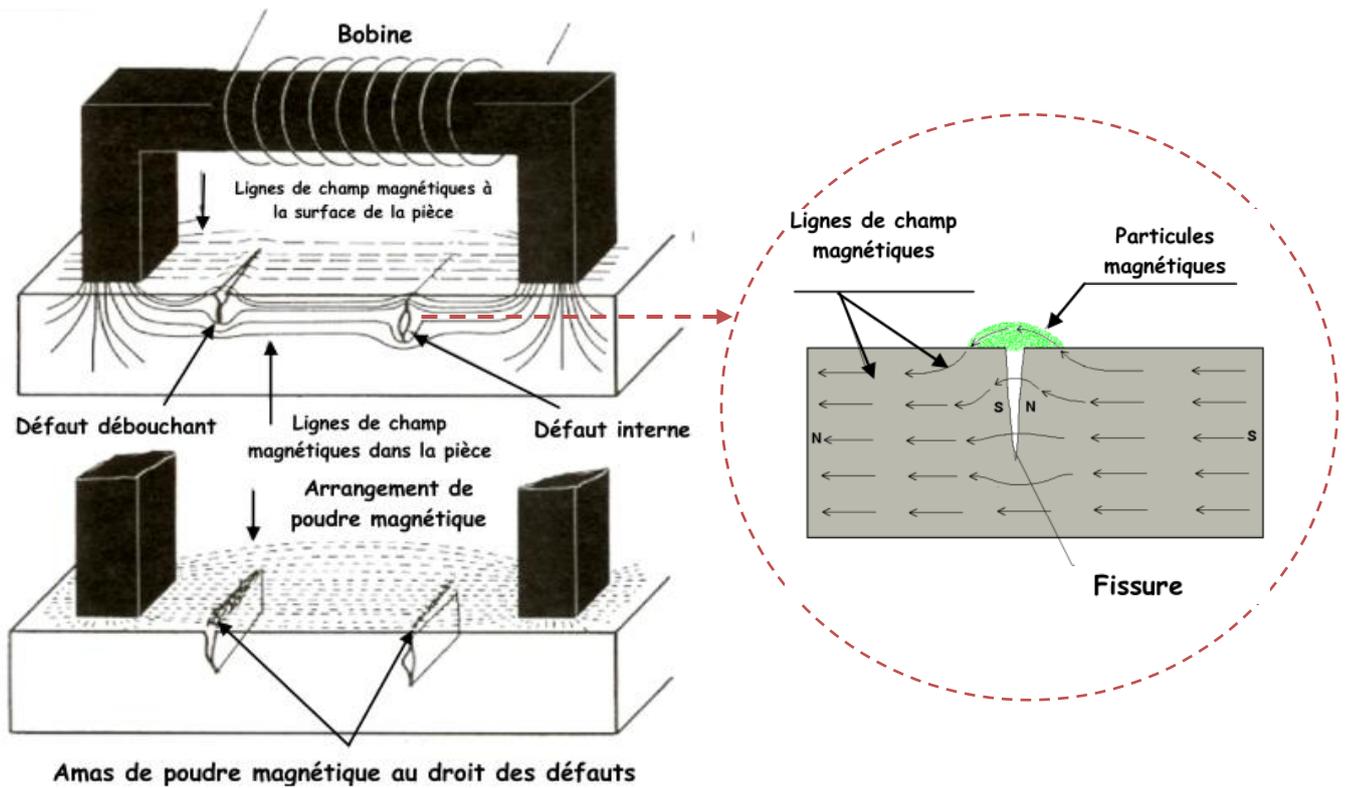
En d'autres termes, les paramètres influençant la formation du spectre sont les suivants

- nature ferromagnétique des particules,
- volume et géométrie des particules,
- valeur locale de l'induction à l'aplomb du défaut.

L'efficacité globale de la méthode est étroitement liée à la maîtrise des paramètres évoqués dans ces trois phases et du jugement apporté par l'opérateur qui se trouve confronté à l'interprétation des spectres obtenus :

- seule l'appréciation de la longueur du défaut est possible,
- un doute subsiste dans certains cas critiques sur la distinction entre le défaut réellement préjudiciable et l'effet géométrique ayant engendré un spectre sans caractère de nocivité.





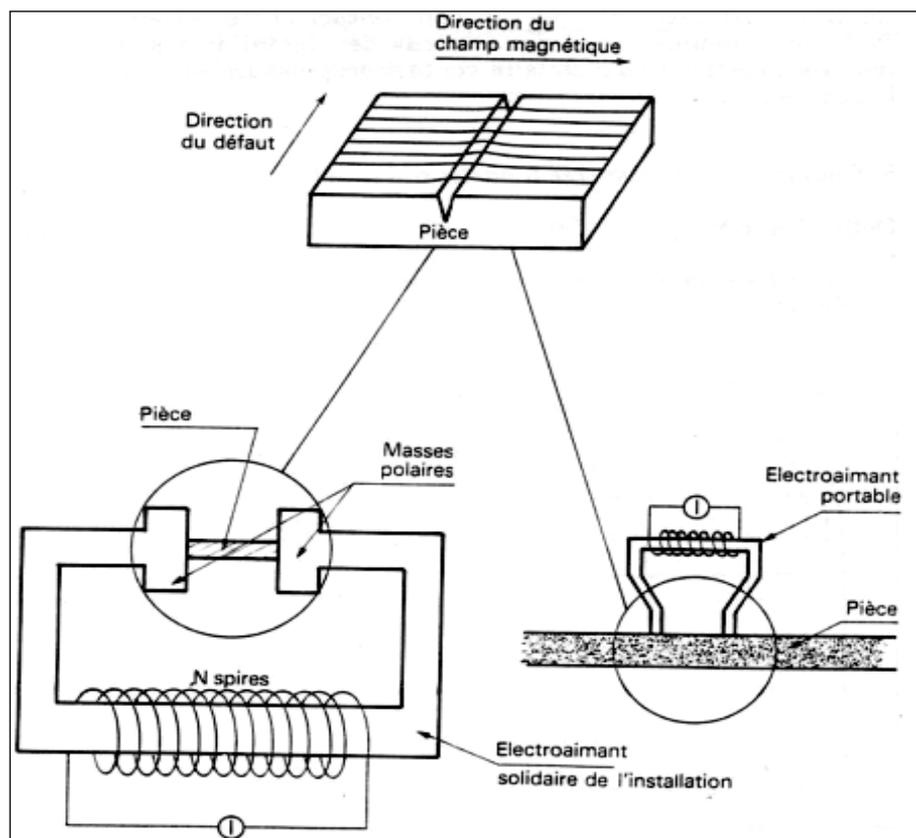
## V. Méthode d'aimantation

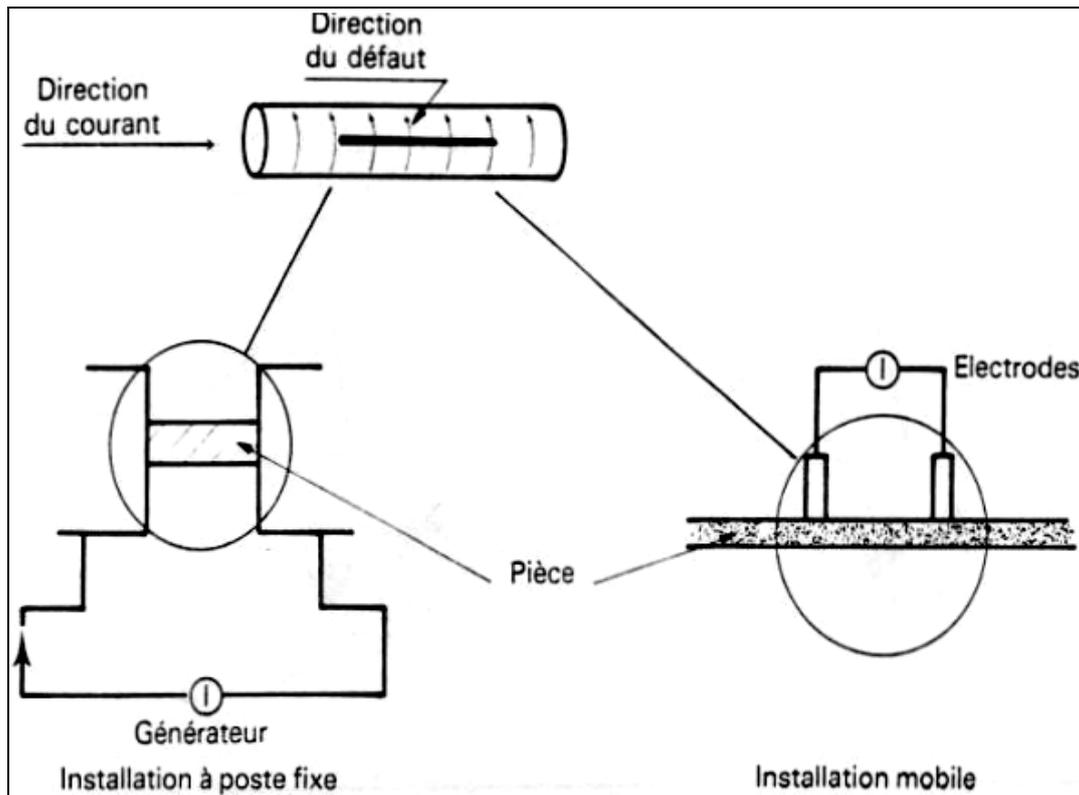
Dans la pratique, on procède à l'aimantation des pièces suivant deux techniques principales

- ◆ la pièce est aimantée totalement ou localement par l'intermédiaire d'un électroaimant,
- ◆ la pièce est aimantée par l'intermédiaire d'un courant la traversant totalement ou localement.

La représentation schématique de ces deux techniques fait l'objet des figures suivantes.

Représentation schématique des méthodes d'aimantation directes par passage de courant dans la pièce.



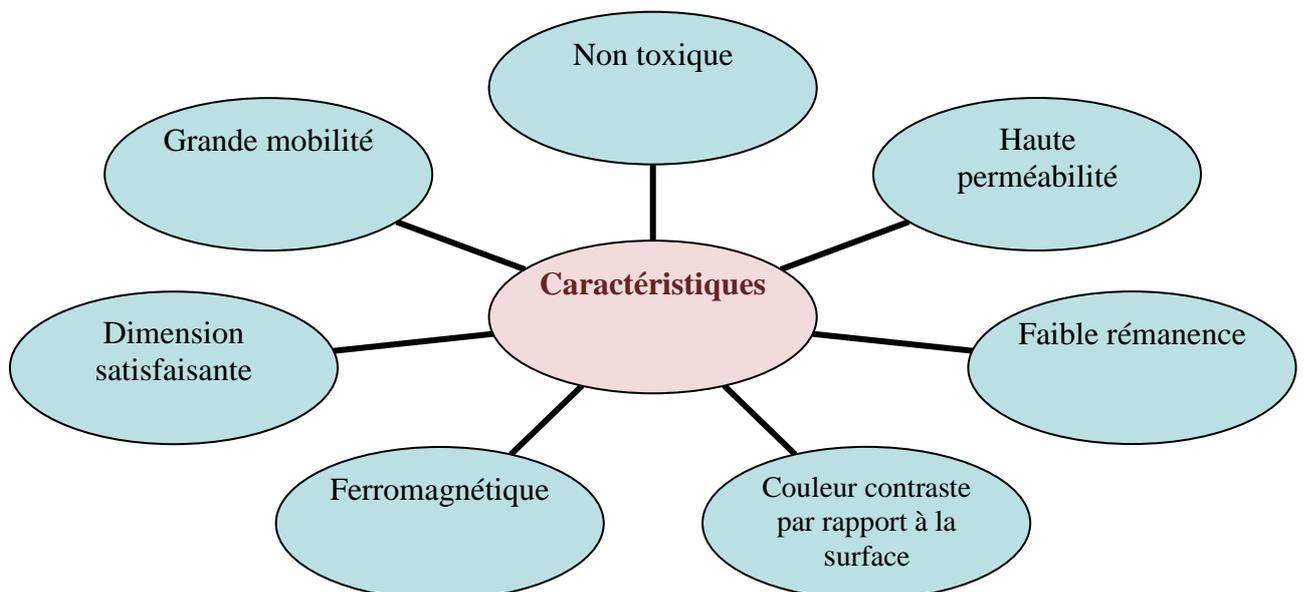


## VI. Indicateurs magnétiques

Après avoir magnétiser la pièce, on a recours à un indicateur des défauts qui sera projeté à la surface à contrôler (généralement des fines particules ferromagnétiques). Celles-ci sont attirées et accumulées par les champs de fuites qui se comportent à leurs égards comme des minuscules aimants. Ces accumulations visibles de particules matérialisent donc les défauts en constituant ce qu'on appelle “*les spectres de défauts*”.

### 1. Caractéristiques des produits

Il est nécessaire que les particules aient les caractéristiques suivantes :



## 2. Produits humides

Produits utilisés dans le cas de contrôle des pièces de bon état de surface, le liquide est en général du pétrole, une huile légère ou de l'eau. Les liquides utilisés doivent avoir une fluorescence naturelle faible. La poudre magnétique en suspension est généralement de l'oxyde de fer, noir ou coloré, cette poudre très fine (plus fine que celle employé dans le procédé sèche) doit avoir une concentration bien déterminée

Les compositions suivantes sont généralement utilisées :

- Produits non fluorescents : de 1,5 à 2,5 % de volume de particule en suspension
- Produits fluorescent : de 0,2 à 0,5 % de volume de particule dans l'eau

## 3. Produits secs

Produits utilisés sur les pièces de grande dimension ou de mauvais état de surface, ou lorsqu'on cherche les défauts les plus profonds.

La poudre magnétique est de l'oxyde de fer noir ou coloré.

## VII. Matériels et produits utilisés en magnétoscopie

<p><b>Matériel pour l'aimantation par passage de flux magnétique dans la pièce:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <b>Electroaimant</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Passage du flux magnétique dans la pièce.</li> <li>▪ Alimentation sur secteur ou par l'intermédiaire d'un transformateur, ou encore sur batteries.</li> </ul> </li> <li>❖ <b>Bobines</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bobines d'aimantation ou de désaimantation.</li> <li>▪ Possibilité d'utiliser des bobines à ouverture et fermeture rapide.</li> </ul> </li> </ul>	
<p><b>Source d'alimentation électrique (générateur de courant électrique):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Permet de générer des courants électriques de différentes intensités, formes d'onde et fréquences en fonction des pièces à contrôler.</li> </ul>	

<p><b>Moyens de visualisation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eclairage lumière blanche.</li> <li>▪ Eclairage UV (ressuage fluorescent).</li> </ul>	
<p><b>Produits de nettoyage :</b></p> <p>L'utilisation de produits de nettoyage a pour principal but de faciliter la mobilité des particules magnétiques à la surface de la pièce et d'éviter l'apparition d'images magnétiques fallacieuses.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nettoyants utilisés: acétate d'éthyle, acétone, alcool isopropylique,...</li> <li>▪ Il existe d'autres types de procédés de nettoyage: chimiques, mécaniques (grenailage, sablage,). Ces derniers ne sont en principe pas autorisés soumis en œuvre avec beaucoup de précautions (risquent de reboucher ponctuellement les défauts).</li> </ul>	
<p><b>Indicateurs magnétiques :</b></p>	

## VIII. Conservation des spectres magnétique

Nous avons souvent besoin de conserver les indications données par le contrôle magnétoscopique à cet effet un grand nombre de méthode existe permettant de fixer sur support soit plastique soit photographique.

Les spectres obtenus :

- Réplique plastique,
- Techniques photographiques,
- Utilisation d'un ruban adhésif transparent.

## **IX. Démagnétisation**

Le principe de la démagnétisation consiste à soumettre un matériau à un champ magnétique inverse constamment d'intensité uniformément décroissante. L'intensité du champ résiduelle est ainsi ramenée à une valeur faible.

Il est essentiel de vérifier l'efficacité de la démagnétisation à l'aide d'un indicateur de champ portatif.

La nécessité de démagnétiser une pièce ou non après le contrôle par magnétoscopie dépend d'un certain nombre de facteurs, on peut estimer que l'opération est nécessaire pour l'une des conditions suivantes :

- La pièce fait partie d'un ensemble mobile (les particules adhérentes peuvent être à l'origine d'usure),
- Le champ résiduel peut influencer des équipements voisins dans le fonctionnement est basé sur le magnétisme,
- La présence d'un champ résiduel peut être néfaste au nettoyage de la pièce.

La démagnétisation n'est pas nécessaire dans les cas suivants :

- La pièce est en acier doux (champ résiduel faible),
- La pièce va subir un traitement thermique,
- Un deuxième contrôle par magnétoscopie est prévu.

## **X. Avantages et inconvénients**

### **1. Avantages**

La méthode est relativement simple de mise en œuvre, elle permet une localisation précise des défauts de surface ou légèrement sous-jacentes et une appréciation de leur longueur.

### **2. Inconvénients**

La méthode ne s'applique que sur les matériaux ferromagnétiques et la sensibilité est dépendante de l'orientation du défaut par rapport à la direction générale des lignes d'induction.

Elle ne permet pas une appréciation de la profondeur et l'interprétation dans la phase de révélation reste parfois très délicate : l'automatisation de cette dernière phase n'a pas encore vraiment débouché industriellement. Une désaimantation des pièces après contrôle est nécessaire pour les pièces exposées à un environnement sévère.

## **XI. Applications**

- Contrôle de bielles, biellettes,
- Contrôle de tiges, ressorts...
- Contrôle de soudures, piquages

## XII. Types de défauts rencontrés

Fissures d'usure, de fatigue, lignes d'inclusions, tapures de trempe, de cémentation, défauts de soudures, ...

### ◆ Exemples de pièces contrôlées par magnétoscopie

