

2 Techniques de Contrôle Non Destructif

(Introduction, Principe, méthodes de contrôle, applications industrielles)

I.1 INTRODUCTION

Le contrôle non destructif (CND) et l'évaluation non destructive (END) sont des techniques fortement utilisées dans divers secteurs industriels pour évaluer l'état d'une structure sans l'endommager pour ensuite une utilisation antérieure. Le contrôle non destructif est devenu un outil prépondérant dans d'importants secteurs industriels surnommés "sensible" comme les centrales nucléaires.

L'objectif de ce chapitre consiste à exposer un état de l'art en passant en revue les différentes méthodes du contrôle non destructif avec ses différentes applications industrielles.

I.2 NATURE DES DEFAUTS

Les défauts recherchés peuvent être classés en deux grandes familles : les défauts **surfaiques** et les défauts **internes**. Les défauts **surfaiques** incluent les fissures, l'homogénéité de la surface, qui rendent la pièce inutilisable. Les défauts **internes** sont des hétérogénéités de nature, de forme et de dimensions variées, localisées dans le volume du corps à contrôler.

I.3 CRITERES DE SATISFACTION DE L'OPERATION DU CND

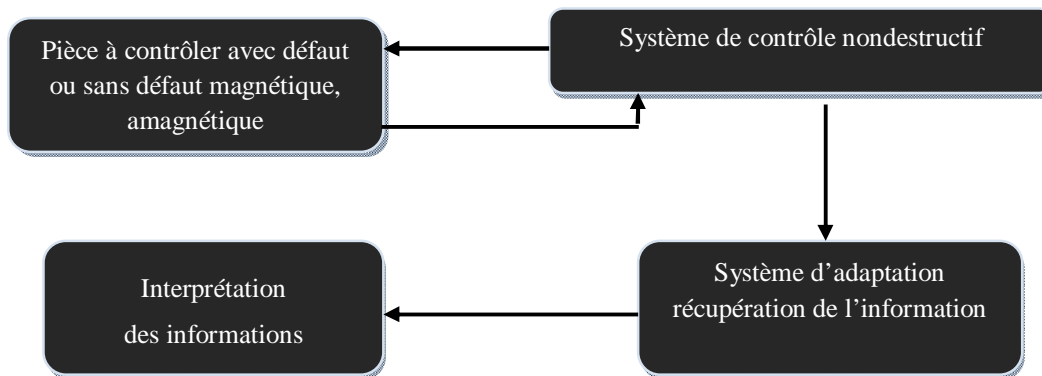
La procédure de contrôle se produit souvent plusieurs fois au cours de la vie d'une pièce et doit satisfaire au mieux les critères suivants :

- **La rapidité d'exécution** Il faut que le contrôle soit rapide pour qu'il ne soit pas trop pénalisant à la fois en termes d'immobilisation physique de chaque pièce.
- **le coût** Le contrôle qualité représente sur les pièces complexes un coût non négligeable et qui doit être minimisé dans la mesure du possible.
- **la reproductibilité** la mesure ne doit pas souffrir des circonstances extérieures : une même pièce contrôlée plusieurs fois doit toujours donner le même résultat.
- **la fiabilité** Le contrôle doit remplir son cahier des charges, et détecter tous les défauts qu'il est censé être capable de détecter, indépendamment des conditions d'inspection.
- **la sensibilité** La sensibilité est le rapport des variations de la mesure et du mesurande. Plus la sensibilité est grande, plus les petites variations du mesurande sont détectables, comme par exemple les défauts de faibles dimensions.

- **la résolution** La résolution est la plus petite variation de signal pouvant être détecté, par exemple la dimension du plus petit défaut.

I.4 PRINCIPE DE DETECTION DES DEFAUTS

Le principe de la détection d'un défaut consiste à exciter celui-ci et à recueillir sa réponse. Quel que soit la technique adoptée, on peut représenter la mise en œuvre d'un système CND selon le synoptique de la figure suivante



I.5 DIFFERENTES METHODES DE CONTRÔLE NON DESTRUCTIF

I.5.1 Examen visuel

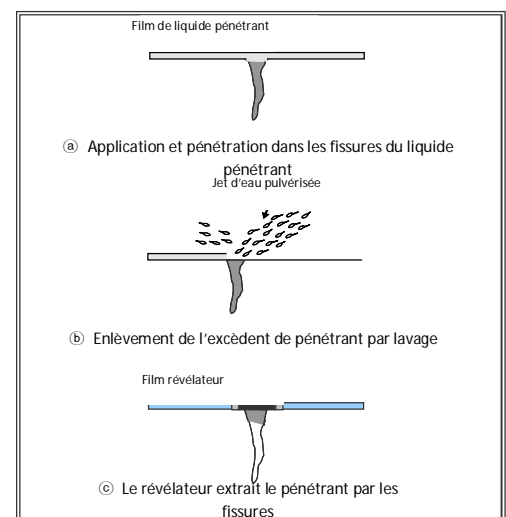
C'est le contrôle le plus élémentaire et le plus ancien des contrôles non destructifs. Il peut être aidé, par un éclairage laser ou classique. Il reste cependant sujet aux inconvénients liés à l'œil humain, c'est-à-dire une faible productivité et une certaine subjectivité, entraînant un manque de fiabilité.



I.5.2 Contrôle par ressuage

Cette technique se classe parmi les méthodes visuelle, appelée aussi optico-chimique. Malgré son ancienneté, la méthode de ressuage reste très utile même de nos jours surtout pour la recherche des défauts surfaciques.

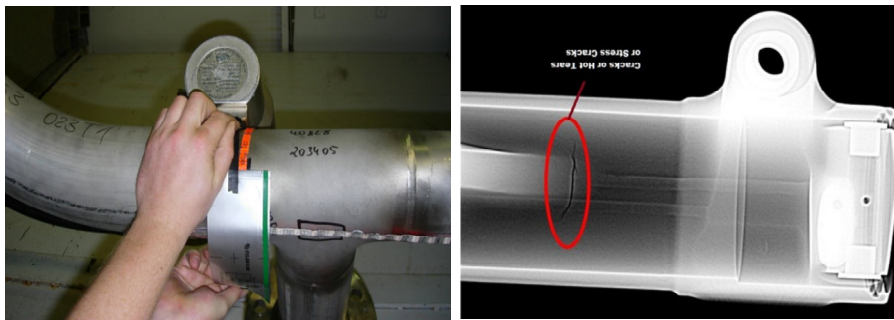
Son principe est relativement simple et se déroule en plusieurs étapes. Tout d'abord, après nettoyage de la pièce à contrôler, un liquide réactif pénétrant est soumis se laissant s'infiltrer dans le matériau et couvrir par la suite les différents défauts existant. Après lavage adaptative de la pièce, l'excès du liquide pénétrant est éliminé pour dévoiler le révélateur qui absorbe le pénétrant contenu



dans les anomalies et donne une tache colorée en surface plus large que l'anomalie, permettant ainsi de la localiser. La technique du ressuage est utile uniquement pour le contrôle surfacique des défauts débouchant, en plus elle requiert un décapage rigoureux de la surface inspectée. Un autre inconvénient de cette technique se résume dans le coût élevé de l'opération, et les nombreux problèmes d'hygiène et de sécurité en raison de la consommation des produits chimiques polluant utilisés.

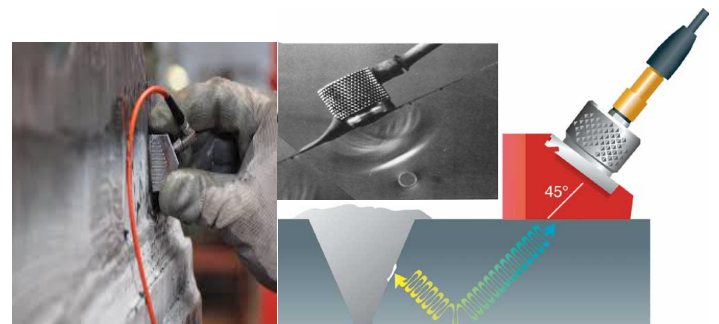
1.5.3 Contrôle par Radiographie

La technique de la radiographie est une technique semblable à celle des rayons X pour le contrôle médicale. Elle repose sur la capacité des rayonnements électromagnétiques à traverser la matière à inspecter. Malgré sa bonne réputation parmi les méthodes de contrôle non destructif surtout pour l'inspection des soudures et la détection des défauts débouchants et internes, mais elle comporte plusieurs points faible, allant de l'exigence de mettre en place une procédure de protection du personnel et de l'environnement, au coût important de l'opération, à l'influence de l'orientation du défaut par rapport à la direction principale du rayonnement émis par la source.



1.5.4 Contrôle par Ultrasons

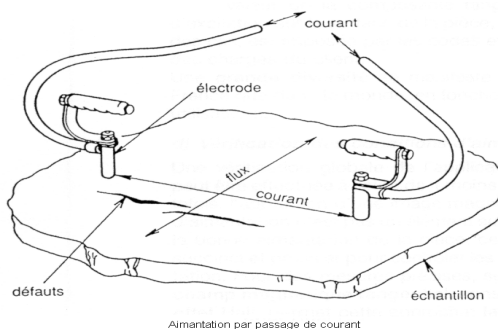
La technique du contrôle non destructif par ultrasons est basée sur l'émission et la réflexion de rafales d'ondes ultrasonores se propageant dans la pièce à contrôler à l'aide de deux capteurs piézoélectriques positionnés symétriquement en mode contact. Le premier capteur a le rôle d'émettre l'onde ultrasonore qui interagit avec la pièce à contrôler générant un nouvelle ondes qui va être recueillie par le second capteur puis convertie en signaux électriques pour analyse. Le temps d'aller-retour et la forme de l'onde ultrasonore obtenue sur le capteur de récepteur ainsi que l'amplitude des signaux acquis fournissent des informations sur la présence ou non des défauts dans la pièce



sous test. La technique de contrôle par ultrasons s'applique pour la détection des défauts dissimulés, enfouis, et pour la mesure de l'épaisseur des pièces à contrôler.

1.5.5 Contrôle par Magnétoscopie

L'examen par magnétoscopie consiste à soumettre la pièce à un champ magnétique de valeur définie en fonction de la pièce. Une poudre magnétique est ensuite projetée à la surface et se répartit de façon homogène si la pièce est saine. Les discontinuités superficielles provoquent à leur endroit des fuites magnétiques. Lorsqu'un défaut est présent dans la pièce au voisinage de la surface, l'orientation du flux de l'induction magnétique est modifiée localement et son intensité augmente en surface. Il apparaît alors une concentration de particules magnétiques qui révèle la présence du défaut.



1.5.6 Contrôle par Thermographie infrarouge

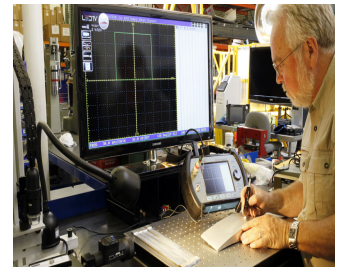
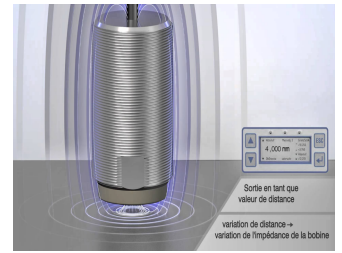
Les méthodes de contrôle thermique consistent à exciter un matériau ou une structure par un apport d'énergie (mécanique, chauffage par induction, air chaud ...). La diffusion de la chaleur dans le matériau et l'impact qu'elle a sur la distribution de la température sur la surface renseignent sur les propriétés thermo physiques des matériaux et sur d'éventuels défauts à l'aide d'une caméra infrarouge les résultats d'examen sont implantés sur un PC. Les principaux avantages de l'ensemble de ces techniques résident dans la possibilité d'effectuer un contrôle sans contact et automatisable.



1.5.6 Contrôle par Courants de Foucault

Un champ magnétique variable dans le temps et passant à travers un contour conducteur fermé donne naissance à une force électromotrice qui joue le rôle d'un générateur de tension qui engendre un courant dans ce contour.

De tels courants sont appelés courants de Foucault (courants induits) créent, à leur tour, leurs propres champs magnétiques et peuvent avoir une action démagnétisante sur le champ principal (initial). L'utilisation des courants de Foucault dans les applications de CND est limitée aux pièces électriquement conductrices. Elle s'étend de l'inspection des tubes (échangeurs, générateurs de vapeurs de centrales nucléaires) à la recherche des défauts débouchants sur des surfaces plus ou moins planes.



Avantages du CND par courants de Foucault :

- ✓ Permet la détection des défauts débouchants.
- ✓ Ne nécessite pas l'utilisation de produits couplant. Ceci en facilite par conséquent l'utilisation. De même, aucune nuisance ou pollution n'est engendrée ni pour l'utilisateur ni pour l'environnement, contrairement, par exemple au ressuage.
- ✓ le CND par CF ne nécessite pas de dispositif encombrant.

Inconvénients du CND par courants de Foucault :

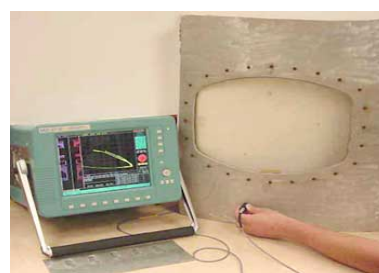
- Il ne s'applique qu'à des matériaux électriquement conducteurs
- Il n'est pas adapté pour détecter des défauts à forte profondeur.
- L'interprétation des signaux est souvent complexe.

	Rapidité	Coût	Reproductibilité	Fiabilité	Sensibilité	Résolution
Ressuage	++	++	-	-	--	-
Radiographie	++	-	+	+	-	-
Ultrasons	+	+	-	-	++	+
Magnétographie	+	+	-	-	++	+
Courants de Foucault	+	+	++	+	+	-

I.6 APPLICATIONS DU CONTROLE NON DESTRUCTIF

I.6.1 Mesure d'épaisseur de matériel mince

Une application où la technique de courants de Foucault est généralement employée pour mesurer l'épaisseur matérielle est dans la détection et la caractérisation des dommages de corrosion sur les tôles des avions.



1.6.2 Inspection des tubes

L'inspection par courants de Foucault est souvent employée pour détecter les changements dûs à la présence d'un défaut quelque part dans les échangeurs de chaleurs et les générateurs de vapeur, qui sont utilisés plus particulièrement dans les centrales nucléaires. Une technique qui est souvent utilisée dans le contrôle non destructif par courants de Foucault dans le cas de cette application est d'employer une sonde différentielle.



1.6.3 Inspection des rails de train de chemin de fer

Le contrôle non destructif a été employé pendant un certain nombre d'années pour examiner les voies ferroviaires pour assurer et vérifier l'absence de défauts qui peuvent apparaître dans les rails. Parmi ces méthodes, il y a le contrôle par courants de Foucault.

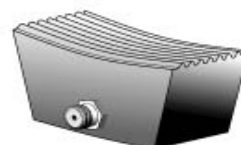


1.6.4 Inspection des fils

Afin d'inspecter les racines des fils, il existe pour deux types de sondes de courants de Foucault. La sonde prise, et la sonde en selle.



Sonde Prise



Sonde selle