**CHAP III :** Les Contrôles Non Destructifs

Introduction :

*On regroupe sous le vocable* ***essais non destructifs*** *ou encore* ***contrôles non destructifs*** *(ce dernier évoquant mieux l’aspect qualité industrielle que le premier qui évoque plutôt les examens en laboratoire) l’ensemble des techniques et procédés 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.*

*Le terme de santé, s’il souligne une certaine parenté avec le domaine des examens d’aide au diagnostic médical, comme la radiologie ou l’échographie, délimite bien l’objectif des contrôles non destructifs qui est la mise en évidence de toutes les* ***défectuosités*** *susceptibles d’altérer la disponibilité, la sécurité d’emploi et/ou, plus généralement, la conformité d’un produit à l’usage auquel il est destiné.*

*En ce sens, le contrôle non destructif* ***(CND)*** *apparaît comme un élément majeur du* ***contrôle de la qualité*** *des produits. Il se différencie de l’instrumentation 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.*

1. **Contrôle non destructif : applications et tendances**

**1.1 Champ d’application actuel**

À l’heure où la qualité est devenue un impératif difficilement contournable, le champ d’application des

CND ne cesse de s’étendre au-delà de son domaine d’emploi traditionnel constitué par les industries métallurgiques et les activités où la sécurité est primordiale, telles que le nucléaire et l’aéronautique.

Après le contrôle des biens d’équipements, vient celui des biens de consommation. La nature des défauts que l’on cherche à détecter se diversifie du même coup ; on recherche les **défauts technologiques**

**ponctuels graves**, comme ceux inhérents à la fabrication et à l’utilisation des métaux (fissure de fatigue), mais aussi désormais des **défauts d’aspect** (taches sur une surface propre) et des **corps étrangers nuisibles.**

**Le contrôle en service** s’effectue sur pièces ou structures lors d’opérations de maintenance ou à la suite de détection d’anomalies de comportement du matériel. On en attend une très grande fiabilité, eu égard à l’importance des risques encourus par la non-détection d’un défaut grave. Pour ce type de contrôle, il convient de pouvoir estimer le mieux possible la **nature et les dimensions des défauts** pour pouvoir en apprécier la nocivité ; il faut disposer aussi d’une grande reproductibilité de l’examen non destructif, de façon à pouvoir **suivre l’évolution des dommages au cours du temps de fonctionnement**.

1. **Principes de détection des défauts. Différentes techniques du CND :**

Détecter un défaut dans une pièce, c’est physiquement, mettre en évidence une **hétérogénéité de matière**, une **variation locale de propriété physique ou chimique** préjudiciable au bon emploi de celle-ci. Cela dit, on a l’habitude de classer les défauts en deux grandes catégories liées à leur emplacement : les défauts de surface, les défauts internes.

**Les défauts de surface**, accessibles à l’observation directe mais par toujours visibles à l’œil nu, peuvent se classer en deux catégories distinctes : les défauts ponctuels et les défauts d’aspect

.

**Les défauts internes** sont des hétérogénéités de natures, de formes, de dimensions extrêmement variées, localisées dans le volume du corps à contrôler. Leur nomenclature est très étoffée et spécifique à chaque branche d’activité technologique et industrielle. Dans les industries des métaux, il s’agira de criques internes, de porosités, de soufflures, d’inclusions diverses susceptibles d’affecter la santé des pièces moulées, forgées, laminées, soudées, voir figure 1. Dans d’autres cas, il s’agira simplement de la présence d’un corps étranger au sein d’une enceinte ou d’un produit emballé. Ici le contrôle visuel est généralement exclu d’office et l’on utilisera donc l’un ou l’autre des grands procédés du CND que sont la radiographie, le sondage ultrasonore, ou encore des techniques mieux adaptées à certains cas comme l’émission acoustique, l’holographie, l’imagerie infrarouge, la neutronographie.

****

**Figure 1 – Principe du contrôle non destructif**

**2.2 Procédure de CND**

**L’opération de contrôle non destructif** d’un objet ne se borne généralement pas à la **détection** d’éventuels défauts. En effet, même si le choix du procédé, de la méthode et du matériel a été effectué au préalable, il faut envisager toute une **procédure** ayant les objectifs suivants : fiabilité de l’examen, reproductibilité, localisation des défauts, identification, caractérisation de ceux-ci, en particulier par leur taille, classement, présentation visuelle, décision concernant l’affectation de l’objet, enfin archivage des résultats et des conditions d’examen. Ce sont des opérations d’étalonnage, de calibrage, de balayage de la sonde, de traitement des données qui permettent d’atteindre ces objectifs désormais dans de bonnes conditions, grâce à l’apport intensif de l’informatique en temps réel.

**2.3 Principe de la détection d’un défaut**

Le principe de la détection d’un défaut consiste à exciter celui-ci et à recueillir sa réponse. Schématiquement, on peut généralement distinguer les étapes suivantes, quelle que soit la méthode

employée :

— mise en œuvre d’un processus physique énergétique ;

— modulation ou altération de ce processus par les défauts ;

— détection de ces modifications par un capteur approprié ;

— traitement des signaux et interprétation de l’information délivrée.

1. **Classement et performances des procédés de CND**

Les procédés de contrôle non destructif résultent de la mise en œuvre des principes et techniques physiques précédents. Ils sont assez nombreux. Certains sont anciens, d’autres récents ; certains sont simples, d’autres complexes ; certains sont très employés, d’autres peu. On les classe habituellement en deux familles selon

qu’ils favorisent la détection des défauts de surface ou des défauts internes. Le tableau **1** dresse la liste des procédés actuellement utilisés en contrôle industriel et résume leurs principes et leurs champs d’application spécifiques. Les performances des procédés de contrôle non destructif résultent à la fois de considérations théoriques et pratiques.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Les procédés de contrôle non destructif : caractéristiques** | | | | | | |
| **Type de Procèdes** | **Méthode de Contrôle** | **Principe Physique** | **Types de défauts**  **détectés** | **Domaines**  **d’application** | **Points forts** | **Points faibles** |
| Optiques | Examen visuel  directe ou assisté | Vision  Perturbation d’une  réflexion | Défauts débouchant,  fissures,  criques, trous | Contrôle manuel  de tous produits  à surface accessible | Souplesse | Productivité,  fiabilité |
| Contrôle laser | Contrôles automatiques  de bandes  et tôles | Productivité | Taux de fausses  alarmes |
| Contrôle TV | Formation  d’une image | Défauts d’aspect,  taches | Contrôle automatique  en fabrication  des produits divers | Productivité | Défauts fins |
| Interférométrie  holographique | Détection de microdéformations  provoquées | Déaminations,  décollements | Contrôle en atelier  de parois  non métalliques | Contrôle  des composites | Interprétation,  productivité |
| Thermographie  infrarouge | Cartographie  de perturbations  thermiques | Déaminations,  hétérogénéités  diverses | idem  Contrôle sur site | Cartographie | Caractérisation  des défauts |
| Ressuage  , | Ressuage | Effet de capillarité | Défauts fins débouchant | Contrôle manuel  de tous produits  à surface accessible | Simplicité  Faible coût | Productivité peu quantitatif |
| Flux de fuite  magnétique | Magnétoscopie | Accumulation de poudre | Défauts fins débouchant et sous-cutanés | Produits ferromagnétique(aciers) | Sensibilité | (Réservé  aux aciers  Peu quantitatif |
| Détection de flux  de fuite | Distorsion d’un flux  magnétique | Défauts fins  débouchant | Sensibilité  Automatisation | Fragilité  des sondes |
| Électromagnétiques | Courants de Foucauld | Perturbations  d’un courant | Défauts fins  débouchant | Contrôle en ligne  et sur chantier  de tous produits  métalliques | Sensibilité  Automatisation | Matériaux non  conducteurs  Interprétation |
| Potentiel électrique | Perturbations  d’un courant | Mesure  de profondeur  de défauts | Tous produits  conducteurs | Simplicité  Faible coût | Contrôle  manuel  Lent |
| Hyperfréquences | Transmission  ou réflexion radar | Hétérogénéités  diverses | Matériaux  peu conducteurs | Contrôle  sans conta | Interprétation  du signal |
| Rayonnements  ionisants | Radiographie X | Atténuation d’un flux | Défauts internes | Contrôle en atelier  et sur site de tous  matériaux | Cartographie  Souplesse  de réglage | Protection  Détection  des fissures |
| Radiographie  | Contrôle en ligne | Fortes épaisseurs | Profondeur  des défauts |
| Radioscopie  en temps réel | Productivité | Résolution  limitée |
| Tomographie X | Contrôle de structures  non métalliques | Imagerie  en coupe | Coût  Productivité |
| Neutronographie | Corps hydrogénés | Complète  la radiographie | Équipement  Condition d’emploi |
| Diffusion Compton | Rétrodiffusion | Délaminations | Contrôle  des composites |
| Vibrations  mécaniques | Ultrasons | Perturbation  d’une onde  Échographie | Défauts internes  Défauts  débouchant | Contrôle manuel  ou automatique  de la majorité  des matériaux | Grande sensibilité  Nombreuses  méthodes  d’auscultation | Conditions  d’essai  Interprétation  des échos  Couplage |
| Émission acoustique | Émission provoquée  par sollicitation  mécanique | Criques  Fissures | Parois de gros  récipients  Structures diverses | Contrôle global  avec localisation  des défauts | Interprétation  Bruits parasites |
| Essais dynamiques | Perturbations  d’un amortissement  Mesure de vitesse | Criques  Fissures | Contrôle de pièces  moulées | Productivité | Qualitatif |
| Tests  d’étanchéité | Essais hydrostatiques | Détection de bulles | Défauts  débouchant  dans joints  ou parois,  zone perméable | Tubes et enceintes en  tous matériaux | Grande étendue  de flux de fuite  selon la méthode | Contingences  diverses selon  la méthode |
| Tests avec gaz  traceurs (halogènes,  hélium) | Détection chimique |
| Détection sonore | Bruit acoustique |

**Tableau 1 – Les procédés de contrôle non destructif : caractéristiques**

**4- Utilisation des procédés de CND :**

Au-delà de la mise en œuvre propre à chacun des procédés de contrôle en soudage qui seront décrits , un projet ou une réelle opération de contrôle implique un certain nombre de considérations et de facteurs dont l’ignorance pourra conduire à des échecs tels qu’une mauvaise **fiabilité** de la méthode, du matériel utilisé ou des résultats annoncés, ou encore une rentabilité économique insuffisante de l’opération de contrôle, ces deux aspects allant d’ailleurs souvent de paire. C’est ainsi qu’il s’agit en fait de prendre en compte, non seulement les paramètres physiques et techniques mais aussi l’importance du **facteur humain** et des **procédures d’emploi** , et la nécessité éventuelle d’avoir à financer des **travaux préalables** de mise au point ou de faisabilité du procédé retenu.