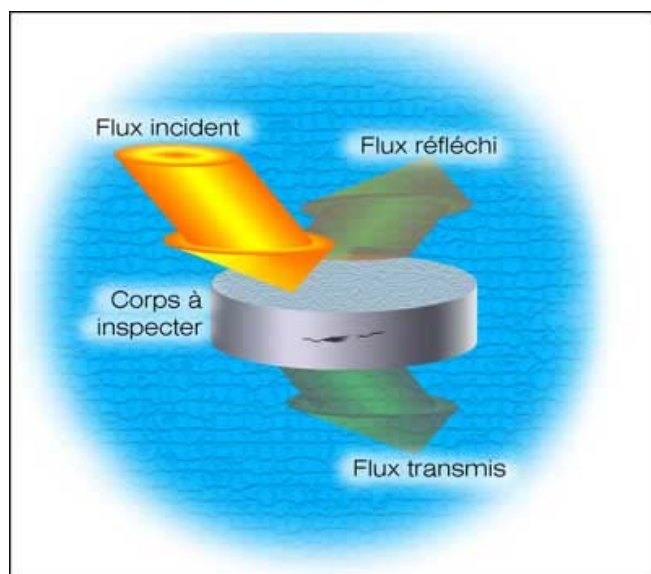


# ***Introduction : Généralités***

Comme l'instrumentation scientifique, le **contrôle non destructif ( CND )** constitue un champ d'application privilégié des découvertes de la physique. Aussi l'histoire des essais non destructifs (END) commence-t-elle avec celle de la physique moderne à la fin du XIXème siècle : découverte des rayons X, des courants de Foucault, de la piézoélectricité, etc. Ce n'est toutefois qu'à partir de la seconde guerre mondiale que les techniques du CND ont pris leur place dans l'industrie, en particulier dans la métallurgie : contrôle des aciers, radiographie des soudures. Un grand développement des END s'est manifesté vers les années 60/70 avec le développement rapide de secteurs d'applications tels que le génie des centrales électriques nucléaires, l'aéronautique civile, les gazoducs, oléoducs et les plates-formes off-shore. La dernière décennie a vu l'émergence des techniques de CND qui ne pouvaient pas être mises en œuvre sans l'apport d'une électronique intégrée et d'une informatique puissante; on assiste alors au développement rapide des contrôles entièrement automatisés et à l'essor des techniques gourmandes en traitement informatique, comme les contrôles optiques.

En parallèle, on retrouve cette même évolution dans certaines techniques de contrôle médical telles que l'échographie, la radiographie..où les principes physiques de base sont souvent similaires aux techniques industrielles. Le principe de la détection d'un défaut consiste à exciter celui - ci et à recueillir sa réponse. Dans toutes les méthodes employées, on peut distinguer les étapes suivantes:



Principe du Contrôle Non Destructif

- 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.

Différents types d'énergie sont employés en pratique : énergie électromagnétique..

---

On peut schématiquement distinguer **deux groupes de méthodes de détection** :

- ✓ Les méthodes de flux, avec une excitation et une détection de même nature et pour lesquelles le défaut introduit une perturbation de flux qui peut être relevée soit directement dans le flux transmis (radiographie) ou le flux rediffusé (ultrasons), soit par un effet de proximité (bobine de sonde à courants de Foucault, flux de fuite magnétique), la grande majorité des procédés du contrôle non destructif se réfère à ce groupe de méthodes.
- ✓ Les méthodes pour lesquelles l'excitation et la détection sont de natures différentes, chacune mettant en jeu un processus original et spécifique; l'excitation la plus employée est la sollicitation mécanique; elle conduit aux techniques d'analyse de vibrations mécaniques ou de micro déformations (interférométrie holographique) ou encore à une technique d'émission provoquée dont la plus connue est l'émission acoustique.

## Applications

Le contrôle non destructif est capital pour des industries de fabrication qui mettent en oeuvre où utilisent différents matériaux, produits et structures de toutes natures. Aujourd'hui, les champs d'application des CND ne cesse de s'étendre; ces techniques deviennent même des outils incontournables dans l'approche qualité.

La nature des défauts que l'on cherche à détecter est très variable. On recherche des défauts technologiques ponctuels, comme ceux inhérents à la fabrication et à l'utilisation des métaux (fissure de fatigue), mais aussi des défauts d'aspect (taches sur une surface propre) et des corps étrangers nuisibles (éclats de verre dans un emballage alimentaire). Pour un produit donné, on peut considérer que le contrôle non destructif intervient à trois stades différents de la vie du produit, On distingue alors:

- **Le contrôle en cours de fabrication** : Le système utilisé dans ce cas est souvent automatisé ceci nécessite alors un appareillage installé et fonctionnant en ligne de fabrication. On cherche dans ce cas à satisfaire à la fois les critères de robustesse, avec la rapidité de la réaction et un coût d'exploitation faible. Les défauts recherchés sont généralement bien identifiés, le fonctionnement est automatique, aboutissant à un repérage ou un tri des produits défectueux. Quand le détecteur de défauts ne peut pas être installé en ligne de fabrication, on utilise dans l'industrie des bancs de

---

contrôle correspondant bien souvent à des équipements importants en taille et en coût.

- Le contrôle à la réception d'un lot de pièces, d'une installation ou d'un ouvrage, permet de vérifier le respect de conformité avec des spécifications de qualité définies auparavant. A ce stade, il s'agit de détecter des défauts mais aussi bien souvent d'en définir la nature et les dimensions.

- Le contrôle en service s'effectue sur des pièces ou structures lors d'opérations de maintenance ou à la suite de détection d'anomalies de comportement du matériel. 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 gravité; il faut disposer aussi d'une bonne reproductibilité des examens non destructifs, de façon à pouvoir suivre l'évolution du dommage au cours du temps.

Les techniques de CND continueront certainement à élargir leurs champs d'application vers de nouveaux secteurs d'activité économique. On constate aussi que l'objectif du contrôle non destructif évolue en rapprochant ce domaine de celui de l'instrumentation ; il ne suffit plus aujourd'hui de détecter un défaut, il faut aussi le caractériser et le dimensionner ; il faut aussi imaginer des techniques et procédés non destructifs aptes à mettre en évidence des hétérogénéités physiques complexes ou des irrégularités de propriétés telles que, par exemple, des variations de microstructure dans un métal, des variations de texture ou de rugosité sur une surface, des variations de propriétés électromagnétiques sur une bande. Ces objectifs sont souvent difficiles à atteindre, domaine, les progrès sont lents à réaliser. Il n'en va pas de même pour l'automatisation des CND qui bénéficie pleinement des progrès de l'informatique ; il en résulte l'arrivée sur le marché, d'année en année, d'appareillages plus performants, plus fiables et surtout plus faciles à utiliser dans le cadre du respect de procédures de contrôles très strictes. L'évolution des CND doit prendre toutefois en compte l'aspect coût, ce dernier pouvant freiner l'essor de nouvelles techniques très performantes, comme c'est le cas actuellement pour la tomographie X par exemple.

---

# ***Technique N°1 : Contrôle visuel***

## **Objectifs Spécifiques:**

- Connaître le principe, les bases théoriques du contrôle visuel et son instrumentation
- Evoquer les méthodes de traitement du signal (filtrage, localisation, caractérisation des mécanismes d'endommagement...)
- Connaître les applications industrielles et de laboratoire de la technologie (contrôle des appareils à pression, détection de corrosion, détection de fuites, examen de structures composites...)

## **Principe**

L'examen visuel est le procédé de contrôle le plus ancien, le plus simple et le plus général. L'examen visuel est aussi utilisé dans l'étape finale de plusieurs autres procédés de contrôle non destructifs. 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. L'examen purement visuel présente toutefois des limites à différents niveaux.



***Illustration Equipement d'aide au contrôle visuel***

Dans toutes les situations d'examen d'un objet, les conditions d'éclairage sont essentielles pour la fiabilité du contrôle optique. Il s'agit d'abord de se placer dans des conditions énergétiques, de luminosité et de longueur d'onde permettant à l'œil de travailler avec la meilleure acuité. Un éclairage de plus de 300 lux en lumière vert - jaune à 0,55

---

mm est optimal. (Le LUX est l'unité de mesure pour l'éclairage. Un éclairage de 1 lux correspond à l'éclairage d'une surface de 1m<sup>2</sup> par flux lumineux).

Il faut aussi 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. Pour détecter facilement les défauts du type rayures orientées sensiblement dans la même direction, on préfère l'utilisation d'un éclairage directif associé à une observation de la surface sous un angle voisin de celui de la réflexion spéculaire ( figure ci dessous ). Les défauts présentant un certain relief sont en général bien mis en évidence grâce à un éclairage rasant.



*Illustration Equipement d'aide au contrôle visuel*

Il faut toutefois rappeler que les outils naturels de cette technique (l'œil et le cerveau) sont très sensibles à différents facteurs difficiles à chiffrer et à répertorier comme ceux d'ordre psychique ou physiologiques. La qualité d'observation de l'œil se dégrade avec l'âge, elle est très sensible à l'état d'esprit et à l'expérience de l'observateur, elle reste limitée en termes de dimension du défaut et rend problématique le contrôle des objets en mouvement.

L'utilisation de moyens d'aide optique à la vision tels qu'une loupe binoculaire, un microscope, un endoscope, un microscope, la télévision..., donne au contrôle visuel une nouvelle dimension. Ces techniques, bénéficient actuellement des moyens numériques d'acquisition et de traitement d'images, qui leurs donnent beaucoup plus de rapidité,

---

d'efficacité et de fiabilité. Ces techniques exploitent pleinement les moyens modernes de l'informatique et de l'intelligence artificielle.

## Application

Le champ d'application concerné par cette rapide évolution est celui du contrôle industriel en ligne, qu'il s'agisse du contrôle des produits fabriqués en continu tels que les bandes de tôle, de papier, de verre, de plastique ou du contrôle de pièces fabriquées en grande série, pour lesquelles on s'intéresse non seulement à l'absence de défaut de surface mais aussi à celle de défauts d'aspect ou d'irrégularités dimensionnelles ( contrôle de tuiles, de boîtes, de pièces moulées, forgées, usinées ).

Indépendamment du contrôle en fabrication, le contrôle optique visuel, direct, par endoscope ou relayé par un équipement de télévision est de pratique courante dans les opérations de maintenance telles qu'on les effectue dans les domaines de l'aéronautique, du génie nucléaire ou chimique, et dans le génie civil.

Le contrôle optique intervient enfin comme étape ultime des procédés de contrôle décrits par ailleurs tels que le ressuage ou la magnétoscopie dont le rôle n'est d'ailleurs autre que d'améliorer la lisibilité optique des petits défauts. Il est utile aussi de rappeler que les principales techniques de contrôle non destructif délivrent en fait des images qu'il faudra lire et éventuellement traiter : c'est le cas pour la radiographie ou la thermographie, mais la cartographie des défauts devient petit à petit un élément important des contrôles ultrasonores ou par courants de Foucault.

