

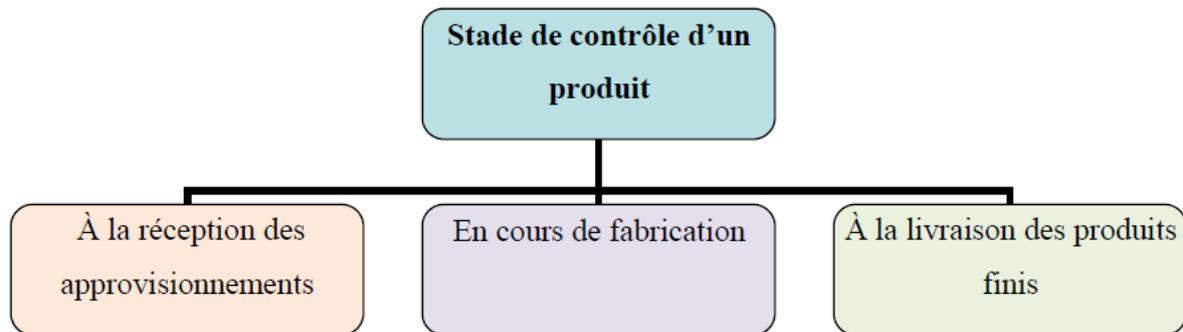
Chapitre 1 : Contrôle Non Destructif - Généralités

I. Introduction

Le Contrôle Non Destructif (C.N.D.) est un ensemble de méthodes qui permettent de caractériser l'état d'intégrité de structures ou de matériaux, sans les dégrader, soit au cours de la production, soit en cours d'utilisation, soit dans le cadre de maintenances. On parle aussi d'«Essais Non Destructifs » (END) ou d'«Examens Non Destructifs».

II. Les stades de contrôle

On peut considérer que le contrôle non destructif d'un produit ou d'un objet peut être effectué à trois stades différents de sa vie :



A. Le contrôle de réception

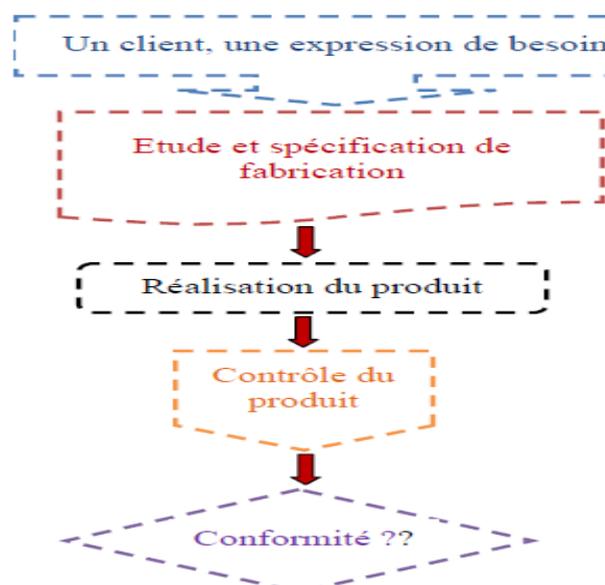
Le contrôle de réception d'un lot de pièces, d'une installation, d'un ouvrage au moment de la livraison a pour but de respecter de conformité à des spécifications de qualité définies auparavant.

B. Le contrôle en cours de fabrication

Le contrôle en cours de fabrication est un outil de contrôle d'un procédé souvent automatisé et impliquant alors un appareillage installé à demeure en ligne de fabrication présentant une grande robustesse, une réaction rapide, un coût d'exploitation faible et une bonne fiabilité. Les défauts recherchés sont ici généralement bien identifiés, le fonctionnement est automatique aboutissant à un repérage ou un tri des produits défectueux.

C. Le contrôle de produit fini

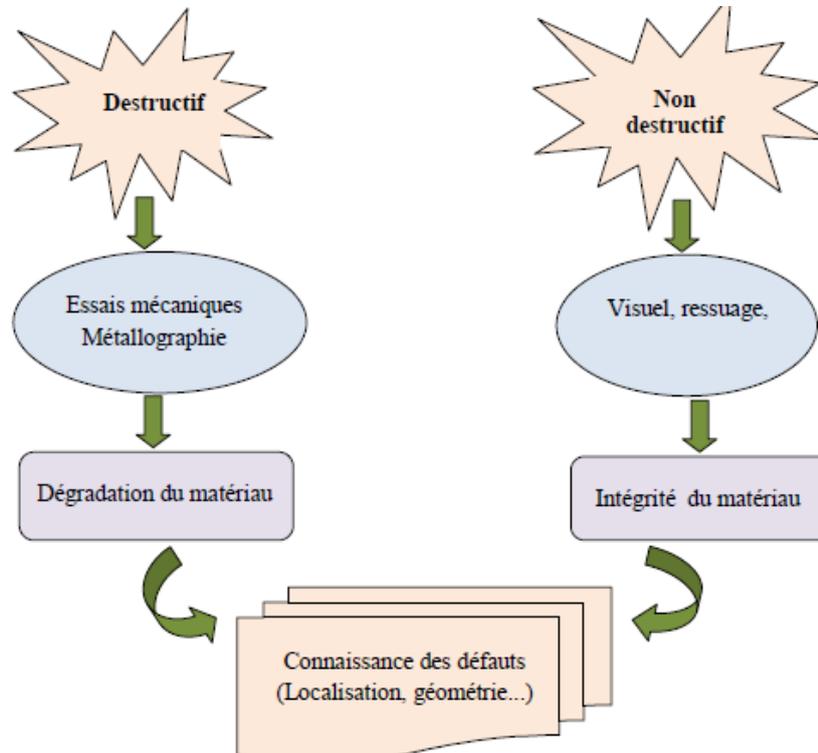
Ce contrôle s'effectue sur pièces ou produits finis.



III. Les techniques de contrôle et leur objectif

On distingue deux types de contrôles :

- Contrôle destructif,
- Contrôle non destructif.



IV. Définition, moyens et utilisations du contrôle non destructif

A. Définition

Contrôle Non Destructif (CND) : Méthodes de diagnostic de produits, afin de détecter, localiser, dimensionner et caractériser, d'éventuels défauts dans ceux-ci.

B. Moyens

Utilisation de capteurs dont le fonctionnement est basé sur les principes de la physique (électromagnétisme, rayonnements, propagation, électricité....)

C. Utilisations

Ces méthodes sont très utilisées dans :

- l'industrie automobile (contrôle des blocs moteurs),
- l'aérospatiale et l'armée,
- l'industrie pétrolière (pipelines, tubes, barres, soudures, réservoirs),
- l'industrie navale (contrôle des coques),
- l'industrie de l'énergie (réacteurs, chaudières, tuyauterie, turbines, ..),
- l'aéronautique (poutres, ailes d'avion, nombreuses pièces moteurs, trains d'atterrissage..),
- le ferroviaire en fabrication et en maintenance notamment pour les organes de sécurité (essieux, roues, bogies),
- l'inspection alimentaire...

Et en règle générale dans tous les secteurs produisant :

- des pièces à coût de production élevé en quantité faible (nucléaire, pétrochimique...),
- des pièces dont la fiabilité de fonctionnement est critique (nucléaire, canalisation de gaz...).

V. Origines et classifications des défauts

A Un objet (pièce, installation, machine) peut contenir des défauts qui ont plusieurs origines :

- la méthode et le procédé d'élaboration de brut (soudage, laminage, forgeage, moulage, ...),
- les conditions de service (chargement, température, nombre d'heures de fonctionnement ...),

. Origines de défauts

- les traitements thermiques (trempe, ...).

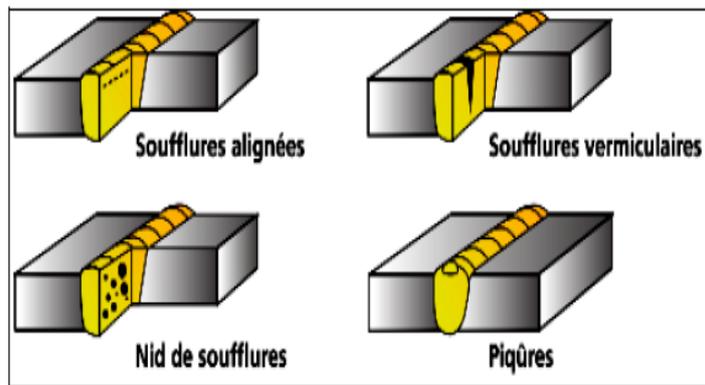
Les défauts peuvent être de type surfacique (externe) ou de type volumique (interne).

B. Classification des défauts

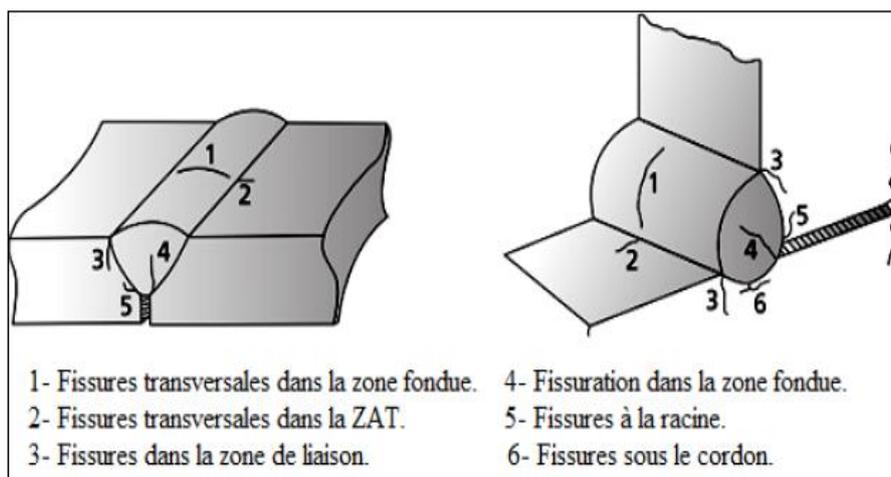
a. Défauts dus au soudage

Il existe plusieurs types de défauts de soudure ainsi que différentes méthodes pour les prévenir et les corriger.

Soufflures : Ce sont des défauts creux, généralement sphériques, formés par la présence de gaz. Quant aux piqûres, ce sont plus précisément des soufflures débouchantes (en surface).



- ❖ **Fissurations** : Les fissurations constituent l'un des défauts de soudure les plus fréquents. Elles sont causées par la présence de tensions internes trop importantes à l'intérieur du métal soudé.



	Causes	Moyen de prévention
Fissuration à chaud	<ul style="list-style-type: none"> • Joint trop étroites. • Présence d'impuretés dans la soudure (souffre, phosphore). • Métal d'apport incompatible avec le métal de base. • Cordon trop petit. • Trop de retrait durant ou après le soudage. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bonne mesure des angles des chanfreins. ▪ Préchauffage et chauffage en cours de soudure. ▪ Bon choix du métal d'apport ▪ Refroidissement lent. ▪ Traitement thermique après soudage. ▪ Cordon suffisamment large.
Fissuration à froid	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrogène coincé dans la soudure. • Tension internes résiduelles importantes. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Préchauffage et chauffage en cours de soudure. ▪ Refroidissement lent. ▪ Utilisation d'électrodes basiques. ▪ Traitement thermique après soudage.

❖ Inclusions solides ou inclusions de laitier,

Type d'inclusion	Description
Inclusion solide	Corps solide étranger emprisonné dans le métal fondu (ex : poussières).
Inclusion de laitier	Résidu de laitier emprisonné dans le métal fondu.
Inclusion d'oxyde	Oxyde métallique emprisonné dans le métal fondu au cours de solidification.
Inclusion métallique	Particule de métal étranger emprisonnée dans la masse du métal fondu (ex : le tungstène lors du soudage TIG, le cuivre et tout autre métal étranger).

❖ Manque de fusion ou collage.

❖ Manque de pénétration.

b. Défauts dus au moulage

Défaut	Description	Origine	Remèdes
Cloques (bulles, soufflures ...)	Emprisonnement d'air (ou de gaz) dans le métal qui se dilate lors de la libération de la pièce de son empreinte	- Temps de remplissage trop long. - Température de démoulage trop élevée. - Peau de pièce trop fine qui ne peut résister à la pression des bulles d'air à proximité et qui tendent à accroître leur volume (température)	- Viser un temps mini → écoulement pulvérisé et non en jet. - Abaisser la température du moule ou attendre plus longtemps avant le démoulage. - Modifier le tracé la position de l'attaque ou l'angle d'écoulement.
Criques (fissures)	Formation de fissures (principalement dans les angles)	- Retrait différentiel du métal provoquant des contraintes (tensions divergentes) dans le métal.	- Veiller à l'uniformité des épaisseurs des parois (éviter de la matière si nécessaire). - Arrondir les angles.
Retassures	Retraits visibles à la surface de la pièce qui se forment à la solidification du métal.	- Différence dans le refroidissement de certaines parties de la pièce.	- Compenser l'effet de retrait par une pression maintenue du piston en fin d'injection. - Vérifier au préalable la pression d'injection. - Evider, enlever de la masse.
Gouttes froides (repli)	Soudure incomplète apparaissant lors de la jonction de deux parties du métal liquide.	- Division du jet lors du remplissage de l'empreinte. - Température trop faible du moule.	- Modifier l'emplacement de l'attaque; - Prévoir des talons de lavage - Augmenter la température du moule et/ou la vitesse de remplissage.
Bavures	Excès de matière au plan de joint de la pièce.	Pression trop importante provoquant une ouverture du plan de joint au-delà de $4/10^{ème}$ de mm.	- Réduire la pression ou - Augmenter la force de fermeture ou - Régler le plateau mobile.
Pelage (écaillage)	Apparition d'écaillés à la surface de la pièce.	Arrachement de parties de peau lors du démoulage. → peau trop fine → points chauds dans le moule	

c. Défauts dus au forgeage

❖ **Déchirure:** dans le cas d'un cylindre forgé, il peut être décrit comme une fissure en forme d'étoile située au cœur la pièce et orientée selon l'axe de forgeage. Il est dû à un forgeage à une température très basse, ce défaut est très rare.

Contrôle Non Destructif

❖ **Replis:** défaut situé en périphérique de la pièce parallèlement à la surface.

d. Défauts dus aux traitements thermiques

❖ **Tapure:** lors du chauffage ou de refroidissement brusque, les contraintes thermiques qui ne peuvent pas être absorbées par la pièce engendrent des chocs thermiques trop importants et

créent des fissures consécutives. Les tapures de trempé sont des fissures externes débouchant résultant d'un refroidissement très rapide de la pièce.

VI. Techniques de contrôle

Technique	Application
Ressuage	Recherche des défauts de surfaces
Magnétoscopie	Recherche des défauts de surfaces et sous-jacents
Ultrason	Recherche des défauts internes Mesures d'épaisseurs de parois
Radiographie	Recherche des défauts internes
Courants de Foucault	Mesure de l'épaisseur de revêtements Examen de tubes et faisceaux tubulaires
Thermographie infrarouge	Détection de défauts thermiques