

**METIS** LyonTech

**GILLES CORNELOUP  
CÉCILE GUEUDRÉ**



**LE CONTRÔLE  
NON DESTRUCTIF**

et la contrôlabilité  
des matériaux et structures

PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRES ROMANDES

---

# TABLE DES MATIÈRES

	PRÉSENTATION DU TRAITÉ .....	V
	AVANT- PROPOS.....	VII
CHAPITRE 1	LE CONTEXTE DU CND .....	1
	1.1 CND et contrôle qualité .....	3
	1.2 CND et maintenance .....	3
	1.3 La certification COFREND.....	5
	1.4 Le marché du CND .....	7
	1.5 Références bibliographiques .....	10
CHAPITRE 2	CHOIX D'UNE MÉTHODE OPTIMALE DE CND .....	11
	2.1 Paramètres influençant le choix d'une méthode non destructive .....	11
	2.2 Exemples d'évaluation Non Destructive (END).....	18
	2.3 Choix de la méthode de CND optimale .....	19
	2.4 qualification des méthodes de CND .....	20
	2.5 contrôlabilité des matériaux et des structures .....	21
	2.6 Matériaux et contrôlabilité: exemple des matériaux de structure .....	22
	2.7 Mode d'obtention et contrôlabilité: exemple du soudage .....	29
	2.8 Fatigue et contrôlabilité .....	35
	2.9 Corrosion et contrôlabilité .....	36
	2.10 Références bibliographiques .....	37
CHAPITRE 3	LE CONTRÔLE VISUEL .....	39
	<i>avec la collaboration de Michel DESCOMBRES (INSAVALOR)</i>	
	3.1 Principes physiques.....	40
	3.2 Technologie et matériels .....	43

3.3	Méthodes de contrôle .....	44
3.4	Exemples d'applications .....	45
3.5	Potentfels actuels et futurs .....	49
3.6	Références bibliographiques .....	49

## CHAPITRE 4

LE CONTRÔLE PAR RESSUAGE .....	51
<i>avec la collaboration de Michel DESCOMBES (INSAVALOR)</i>	

4.1	Principes physiques .....	52
4.2	Technologie : produits et équipements .....	56
4.3	Mise en œuvre du contrôle .....	59
4.4	Exemples d'application .....	62
4.5	Potentfels actuels et futurs .....	65
4.6	Références bibliographiques .....	66

## CHAPITRE 5

LE CONTRÔLE PAR MAGNÉTOSCOPE .....	67
<i>avec la collaboration de Michel DESCOMBES (INSAVALOR)</i>	

5.1	Principes physiques .....	68
5.2	Technologie et matériels .....	75
5.3	Méthodes de contrôle .....	80
5.4	Exemples d'applications .....	83
5.5	Potentfels actuels et futurs .....	86
5.6	Références bibliographiques .....	88

## CHAPITRE 6

LE CONTRÔLE PAR RADIOGRAPHIE .....	89
<i>avec la collaboration de Jean-Michel LETANG (INSA LYON)</i> <i>et Jean-Michel FIEFFE (SIRAC)</i>	

6.1	Principes physiques .....	90
6.2	Technologie et matériels .....	94
6.3	Méthodes de contrôle .....	104
6.4	Exemples d'applications .....	108
6.5	Potentfels actuels et futurs .....	115
6.6	Radioprotection .....	119
6.7	Références bibliographiques .....	121

## CHAPITRE 7

LE CONTRÔLE PAR ULTRASONS .....	123
<i>avec la collaboration de Jean-François CHAIX (AMU/LMA)</i> <i>et Joseph MOYSAN (AMU/LMA)</i>	

7.1	Principes physiques .....	124
7.2	Technologies et matériels .....	136

7.3	Méthodes de contrôle .....	147
7.4	Exemples d'applications industrielles .....	156
7.5	Potentfels actuels et futurs .....	165
7.6	Références bibliographiques .....	168

## CHAPITRE 8

LE CONTRÔLE PAR COURANTS DE FOUCAULT .....	171
<i>avec la collaboration de Yves JAYET (INSA LYON)</i>	

8.1	Principes physiques .....	172
8.2	Technologie et matériels .....	177
8.3	Méthodes de contrôle .....	180
8.4	Exemples d'applications .....	182
8.5	Potentfels actuels et futurs .....	188
8.6	Références bibliographiques .....	190

## CHAPITRE 9

LE CONTRÔLE PAR ÉMISSION ACOUSTIQUE .....	193
<i>avec la collaboration de Nathalie GODIN (INSA LYON)</i>	

9.1	Principes physiques .....	194
9.2	Technologie et matériels .....	199
9.3	Analyse des données (signaux de type discret) .....	203
9.4	Exemples d'applications industrielles .....	207
9.5	Potentfels actuels et futurs .....	210
9.6	Références bibliographiques .....	212

## CHAPITRE 10

LE CONTRÔLE PAR THERMOGRAPHIE INFRAROUGE .....	213
--	-----

10.1	Principes physiques .....	214
10.2	Technologie et matériels .....	218
10.3	Méthodes de contrôle .....	220
10.4	Quelques exemples d'applications .....	222
10.5	Potentfels actuels et futurs .....	229
10.6	Références bibliographiques .....	229

## CHAPITRE 11

LE CONTRÔLE D'ÉTANCHÉITÉ .....	231
<i>avec la collaboration de Francis CASADO (CEGELLEC NDT)</i>	

11.1	Principes physiques .....	232
11.2	Techniques de contrôle .....	233
11.3	Limites de l'efficacité du contrôle .....	240
11.4	Potentfels actuels et futurs .....	241
11.5	Références bibliographiques .....	242

CHAPITRE 12	AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE.....	243
	<i>avec la collaboration de Michel DESCOMBES (INSAVALOR)</i>	
	12.1 Méthode ACFM .....	243
	12.2 Méthodes hyperfréquence, radar et térahertz .....	246
	12.3 Effet Barkhausen .....	249
	12.4 Shearographie .....	252
	12.5 Analyse vibratoire, impact-écho .....	255
	12.6 Références bibliographiques .....	256
CHAPITRE 13	FACTEURS DÉGRADANT LES MESURES NON DESTRUCTIVES : LES BRUITS ET LES MILIEUX HOSTILES.....	259
	<i>avec la collaboration de Marie-Aude PLOIX (PROTISVALOR/LMA)</i>	
	13.1 Le bruit de structure .....	259
	13.2 les contraintes environnementales : notion de milieux hostiles en cnd.....	265
	13.3 Références bibliographiques .....	269
CHAPITRE 14	SOLUTIONS AUX PROBLÈMES COMPLEXES DE CND : QUELQUES AXES DE RÉFLEXION.....	271
	<i>avec la collaboration de Marie-Aude PLOIX (PROTISVALOR/LMA)</i>	
	14.1 La modélisation en CND .....	271
	14.2 Traitement numérique du signal : exemple des ultrasons .....	278
	14.3 Traitement numérique des images CND .....	283
	14.4 La fusion de données de CND .....	286
	14.5 Perspectives : RC-CND, RE-CND, SHM .....	288
	14.6 Références bibliographiques .....	290
ANNEXE A	LA QUALIFICATION ET LA CERTIFICATION .....	293
	<i>avec la collaboration de Michel DESCOMBES (INSAVALOR)</i>	
	A.1 Introduction .....	293
	A.2 Historique.....	293
	A.3 Quelques définitions.....	294
	A.4 Modalités de certification.....	295
	A.5 Comparaison des systèmes de certification.....	298

# LE CONTRÔLE NON DESTRUCTIF (CND)

et la contrôlabilité des matériaux et des structures

Gilles CORNELOUP, Cécile GUEUDRÉ (Eds.)

Le Contrôle Non Destructif (CND) regroupe un large ensemble de méthodes permettant de contrôler un objet sans le modifier. Le diagnostic ne doit souffrir d'aucune ambiguïté, particulièrement dans le cadre de secteurs industriels sensibles comme le nucléaire ou l'aéronautique.

Cet ouvrage présente de façon exhaustive les paramètres permettant de réaliser cette évaluation. Les conditions d'apparition et les caractéristiques des défauts potentiels sont exposées en détail, ainsi que les principes physiques, la technologie et les méthodes actuelles de CND, qu'elles soient courantes (ultrasons, radiographie, ...) ou spécifiques (ACFM...). Ce manuel décrit également les méthodes d'identification des facteurs susceptibles de dégrader les mesures et de fausser le diagnostic, ainsi la notion de « bruit de structure » est définie et les paramètres environnementaux sont introduits. Des solutions, notamment issues des progrès réalisés en modélisation des phénomènes et en optimisation par inversion, sont également proposées. L'ouvrage traite enfin des traitements a posteriori des informations obtenues (signal, image), et expose une nouvelle approche (RC-CND) montrant l'intérêt de la prise en compte de règles de CND dès la conception des structures.

Cette synthèse sans équivalent présente plusieurs niveaux de lecture ; elle s'adresse ainsi tout autant aux professionnels et praticiens du domaine, pour qui elle constituera une référence précieuse et durable, qu'aux étudiants de licence, master ou doctorat, qui découvriront dans ces pages toute la richesse et le potentiel de cette discipline.

**Aix-Marseille université** Gilles Corneloup est Professeur des Universités à Aix-Marseille Université. Docteur et HdR, il enseigne la science des matériaux et le contrôle non destructif aux niveaux DUT, Licence, Ingénieur, et Doctorat, tant en formation initiale que continue (INSAVALOR). Il a créé et dirigé le Laboratoire de contrôle non destructif (LCND) en 1989, qui est devenu le laboratoire de référence dans le domaine du CND, avec près de 100 contrats industriels, et 30 thèses et habilitations soutenues dans cette thématique. Le LCND a été rattaché au LMA (UPR CNRS 7051) en 2012.

Cécile Gueudré est Maître de Conférences à Aix-Marseille Université. Docteur en mécanique, elle enseigne la science des matériaux et le contrôle non destructif. Elle est responsable d'une des deux seules licences professionnelles de France en Inspection de sites industriels. Elle conduit des recherches notamment dans le contrôle radiographique et ultrasonore des soudures, et dans les processus d'inversion. Membre permanent du Laboratoire de contrôle non destructif LCND depuis 1994, elle a rejoint le LMA (UPR CNRS 7051) lors du rattachement du LCND.



**NDTURLOR**

ISBN 978-2-88915-002-1



PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRES ROMANDES

9 782889 150021 >