

# Sommaire

---

<b>Introduction</b> .....	5
<b>Chapitre 1 – Système d’unités</b> .....	13
<b>Le besoin d’étalons</b> .....	15
<b>Un peu d’histoire métrologique</b> .....	16
L’héritage de l’Antiquité.....	17
La métrologie et le pouvoir.....	17
Le système anglais.....	18
La genèse du système métrique décimal.....	19
La Conférence générale des poids et mesures.....	20
<b>Le système international d’unités : SI</b> .....	22
Unités SI de base.....	23
Unités SI dérivées.....	24
Préfixes des multiples et sous-multiples.....	24
Principales règles d’écriture.....	25
Unités hors du SI.....	25
<b>Chapitre 2 – Principes de mesure et terminologie</b> .....	27
<b>Principe physique de mesure</b> .....	29
Méthode directe.....	29
Méthode indirecte.....	30
Méthode directe globale avec lecture indirecte locale.....	31
<b>Étalons externes ou internes</b> .....	32
Mesure par comparaison (étalons externes).....	32
Mesure autonome (étalons internes).....	33
<b>Terminologie</b> .....	34
<b>Notions de chaîne de mesure</b> .....	35
Capteur.....	36
Amplificateur d’instrumentation.....	37

Traitement du signal de mesure.....	37
<b>Affichage – mémorisation de la mesure</b> .....	39
<b>Chapitre 3 – Gestion des moyens de mesure</b> .....	41
<b>Situer sa « fonction métrologie »</b> .....	43
<b>La confiance dans la mesure</b> .....	46
L'instrument.....	46
Le milieu .....	48
La main-d'œuvre et la méthode.....	49
La matière (pièce).....	50
<b>Chaîne nationale d'étalonnage</b> .....	50
Le Comité français d'accréditation (COFRAC).....	50
Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE).....	51
Les laboratoires accrédités.....	52
Choix d'une stratégie d'étalonnage.....	53
<b>La mesure, un état d'esprit</b> .....	55
<b>Mise en place d'une gestion des moyens de mesures</b> .....	56
Identification et inventaire des appareils .....	56
Indicateurs de qualité d'un appareil .....	57
Étalonnage ou vérification des appareils .....	58
Cas de la sous-traitance (vérification externe).....	60
Suivi du matériel .....	60
Formation du personnel.....	62
<b>Chapitre 4 – Erreurs de mesurage</b> .....	63
<b>Analyse des sources d'erreurs</b> .....	65
Recherche des influences par la méthode des 5 M .....	66
Comment lutter contre les grandeurs d'influence.....	67
<b>Influence du moyen de mesure</b> .....	68
Principe d'Abbe .....	70
Influence des efforts de contact.....	72
Maîtrise des influences dues à l'appareil de mesure.....	73
<b>Influence du milieu</b> .....	73
Exemples de grandeurs d'influence dues au milieu.....	74
Classer les grandeurs d'influence liées au milieu .....	75
Étude de l'influence de la température.....	77
<b>Chapitre 5 – Maîtriser l'influence du posage</b> .....	85
<b>Élimination : améliorer l'isostatisme du montage de contrôle</b> .....	87
Notions de degrés de liberté.....	88
Optimisation de la position des points d'appui .....	89
Optimisation de la localisation des points d'appui .....	93

<b>Insensibilisation</b> .....	95
<b>Compensation</b> .....	97
Étude de l'incidence du déplacement de l'étalon dans la mesure d'un rayon (exemple avec trois capteurs).....	97
<b>Correction</b> .....	101
Association d'un élément géométrique à un ensemble de points.....	102
Analyse modale d'une surface ou d'une courbe.....	111
<b>Chapitre 6 – Éléments de statistiques appliqués à la mesure</b> .....	115
<b>Estimation d'une valeur vraie</b> .....	117
Estimation par une moyenne.....	117
<b>Comparaison de deux estimations de moyennes</b> .....	120
Paramétrage du problème.....	120
Test de comparaison.....	121
<b>Comparaisons d'échantillons appariés</b> .....	122
Échantillon des différences.....	122
<b>Recherche de l'influence d'un facteur (analyse de la variance à un facteur)</b> .....	122
Influence du facteur identifié.....	122
Test sur l'effet supposé du facteur.....	126
<b>Recherche de l'influence de deux facteurs (analyse de la variance à deux facteurs)</b> .....	132
Convention d'écriture des différentes moyennes.....	133
Modélisation.....	134
Analyse de la variabilité.....	134
Test sur la validité de l'influence des facteurs.....	135
<b>Régression linéaire</b> .....	137
Estimation des paramètres.....	138
Incertitudes sur les paramètres.....	139
Intervalle de confiance de la correction.....	139
<b>Chapitre 7 – Valider un processus de contrôle</b> .....	143
<b>Concept de fidélité</b> .....	145
Méthode du <i>GUM</i> .....	147
Méthodes GRR.....	148
GRR type « <i>average and range method</i> ».....	149
GRR type « <i>ANOVA</i> ».....	155
Capabilité d'un processus de contrôle.....	158
Conformité de l'appareil en production dans le cas d'une capabilité du processus élevée.....	162
Cas des contrôles automatiques.....	163

<b>Concept de justesse</b> .....	164
Bornes d'acceptation pour l'erreur de justesse.....	165
<b>Capabilité du processus de contrôle : approche inertielle</b> .....	168
Rappel sur les contraintes relatives aux dispersions.....	168
Influence du décentrage.....	169
Tolérancement inertielle.....	169
Indice de capabilité C <sub>pi</sub> .....	170
Couplage inertie du processus de contrôle et inertie du processus de production .....	172
<b>Chapitre 8 – Estimer l'incertitude de mesure</b> .....	175
<b>Présentation de la méthode du GUM</b> .....	178
Exemple conducteur.....	178
Modélisation du processus de mesure.....	179
Loi de propagation de l'incertitude.....	181
Risque dû au développement limité au premier ordre.....	186
Quantifier les incertitudes types $u(x_j)$ :	
évaluation de <i>type A</i> ou de <i>type B</i> .....	186
Incertitude élargie.....	190
<b>Incertitude sur les corrections</b> .....	191
Correction locale.....	192
Correction globale.....	196
<b>Chapitre 9 – Maintenir la qualité métrologique</b> .....	201
<b>Correction de la dérive à périodicité calendaire fixe</b> .....	204
Choix arbitraire d'initialisation de la périodicité.....	205
Principes de calcul des périodes de vérification.....	206
Choix de la périodicité par la méthode Opperet.....	207
<b>Correction de la dérive en utilisant les méthodes de la MSP</b> .....	212
Rappel sur la MSP.....	212
Application de la MSP au suivi de vérification.....	215
<b>Conclusion</b> .....	221
<b>Annexes</b> .....	225
<b>Bibliographie</b> .....	229
<b>Index</b> .....	233