



Université M'hamed Bougara de Boumerdes
Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie



Laboratoire : *Automatique appliquée*

Mémoire de Magistère

Spécialité : *Automatisation*
Option : *Procédés industriels et Traitement de signal*

Présenté par :

NACEREDDINE Nafaâ

THEME

**MISE AU POINT D'UNE METHODE DE DETECTION ET
CLASSIFICATION AUTOMATISEE DES DEFAUTS DE
SOUDURE EN RADIOGRAPHIE INDUSTRIELLE**

soutenu publiquement le : 20/07/2004

devant le jury composé de :

Mr. B. BEZZAZI	<i>Professeur, Université de Boumerdes</i>	Président
Mr. R. DRAI	<i>Maître de Recherche, CSC, Chéraga</i>	Examineur
Mr. F. HELLAL	<i>Maître de Conférences, ENP d'Alger</i>	Examineur
Mr. A. BENHALLA	<i>Chargé de Cours, Université de Boumerdes</i>	Examineur
Mr. M. ZELMAT	<i>Professeur, Université de Boumerdes</i>	Rapporteur

Résumé

Dans le contrôle non destructif par radiographie, l'intensité de la radiation transmise peut être détectée sur un film radiographique. Ce film est interprété pour détecter d'éventuelles discontinuités dans la soudure. Il y a divers types de défauts de soudure tels que les porosités, les inclusions, les fissures, le manque de pénétration, le manque de fusion etc. La tâche d'interprétation est assurée par des interpréteurs en radiographie. Par conséquent, elle est soumise au jugement humain et à des considérations subjectives telles que l'aptitude et l'expérience de l'interpréteur, rendant l'interprétation de la qualité de la soudure très subjective, fastidieuse, et parfois inconsistante. Il est ainsi souhaitable de développer des techniques par ordinateur pour assister l'interpréteur à évaluer la qualité des joints soudés. Cela implique la numérisation des films de radiographie et le développement d'algorithmes de détection et d'identification des défauts s'y trouvant.

Ce travail est réalisé dans le but de développer un axe de recherche d'une part, et de donner un support didactique et professionnel d'autre part, pour le contrôle non destructif par la radiographie. Il constitue en fait, une boîte à outils de techniques allant du domaine du traitement numérique des images jusqu'aux thèmes de la reconnaissance des formes et la classification passant par l'analyse quantitative des images basée sur la recherche d'attributs.

A la lumière des résultats présentés dans l'étape du traitement numérique des images des films radiographiques, il en résulte que le choix de la méthode de traitement utilisée doit être judicieux car la forme du défaut extrait à l'issue du post-traitement morphologique, et qui représente le plus fidèlement possible le défaut réel, est tributaire de la puissance des outils de prétraitement et de segmentation utilisés et leur combinaison selon les deux approches : globale et locale, tout en tenant compte de la nature complexe de ces images. Quant à l'analyse quantitative des formes des défauts ainsi extraits, la recherche d'attributs invariants aux transformations géométriques de rotation, de translation et de changement d'échelle s'avère nécessaire car la même forme d'un défaut peut être vue à partir de plusieurs angles selon l'orientation et la distance de l'ouvrage soudé par rapport à la source d'irradiation. Ainsi, une panoplie d'attributs géométriques satisfaisant les conditions suscitées est proposée et qui découlent du calcul des paramètres géométriques (surface, périmètre, etc.) d'une part et le calcul des moments de différents ordres, d'autre part. Vu la grande plage qu'occupent les valeurs de ces attributs et vu d'autres considérations imposées par le classificateur neuronal, la normalisation de ces valeurs dans l'intervalle $[0,1]$ s'impose. Le résultat de l'analyse de la matrice des corrélations entre les différentes variables d'attributs nous montre que l'anisométrie et l'élongation sont très corrélées, donc redondantes, ce qui nous a permis d'éliminer l'une des deux.

Par la suite, un réseau de neurones artificiel pour la classification des défauts de soudure a été utilisé. La classification proposée consiste à affecter les principaux types des défauts de soudure à quatre catégories de défauts selon les caractéristiques morphologiques des défauts couramment rencontrés. Ainsi, les composantes du vecteur d'attributs constitueront les entrées du réseau et les quatre neurones de la couche de sortie correspondent chacun à une catégorie de défauts. Au regard des résultats obtenus, nous pouvons énoncer que l'avenir de l'identification automatique des défauts de soudure à travers la classification neuronale est très prometteur. La procédure d'un travail futur concernant l'identification des différents types de défauts de soudures à l'intérieur de chacune des catégories morphologiques et utilisant d'autres types d'attributs est aussi détaillée.

Pour une meilleure validation des résultats obtenus dans les différents thèmes proposés dans ce travail, il est très important de disposer d'une grande banque de défauts de soudures contenus dans les films de radiographie provenant des divers secteurs d'activité industrielle.

Abstract

In the non destructive testing by radiography, the intensity of the transmitted radiation can be detected on a radiographic film. This film is interpreted to detect possible discontinuities in the welding. There are various types of weld defects such as porosity, inclusion, crack, lack of penetration, lack of fusion, etc. The task of interpretation is ensured by interpreters in radiography. Consequently, it is submitted to the human judgement and subjective considerations such as the aptitude and the experience of the interpreter, making the weld quality interpretation subjective, inconsistent, labor intensive and sometimes biased. It is thus desirable to develop the computer-aided techniques to assist the human interpreter in evaluating the quality of the welded joints. This involves the digitization of the radiographic films and the development of algorithms to detect and identify the defects in them.

The aim of this work is to develop a research axis on the one hand and to give a didactic and professional support on the other hand, for the industrial radiographic testing. The work consists in the design of a toolbox including methods in relation with the digital image processing area, the quantitative image analysis based on the features calculation and the pattern recognition and classification topics.

By the light of the results presented in the image processing stage, we deduce that the choice of the processing method must be judicious because the defect shape obtained at the end of the morphological post-processing, and which represents the most accurately possible the real defect, depends on the efficiency of the employed pre-treatment and segmentation tools and their combination, according to the two approaches : global and local, and bearing in mind the complex nature of the considered images.

Relating to the quantitative analysis of the detected defects, looking for features which are invariant regarding the geometrical transformations (rotation, translation and scaling) proves to be necessary because the same defect can be seen from several angles according to the orientation and the distance from the welded framework to the radiation source. Thus, panoply of geometrical attributes satisfying the above conditions is proposed and which result from the calculation of the geometrical parameters (surface, perimeter, etc.) on the one hand and the calculation of the different order moments, on the other hand. Because the large range in values of the raw features and taking into account other considerations imposed by the neuronal classifier, the scaling of these values to lie between 0 and 1 is indispensable. The analysis result of the correlation matrix between the attribute variables shows that the anisometry and the elongation are very correlated, therefore redundant, permitting the elimination of one of them.

Thereafter, an artificial neural network for the weld defect classification task was used. The proposed classification consists in assigning the principal types of weld defects to four categories according to the morphological characteristics of the defects usually met in practice. Thus, the attribute vector components will be introduced in the feed-forward neural network input layer and the four neurons in the output layer correspond, each one to a defect category. While examining the obtained results, we can announce that the future of the automatic identification of the weld defects through neuronal classification is very promising. The procedure of a future work concerning the identification of the various types of weld defects inside each morphological category and using other kind of attributes is also detailed. In order to give a better validation to all these classification approaches, it is essential to have a great number of radiographic films coming from various industrial sites.

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I – Soudage, contrôle non destructif et radiographie industrielle	5
I.1 Introduction	6
I.2 Soudage	6
I.2.1 Historique du soudage	6
I.2.2 Définition du soudage	7
I.2.3 Procédé du soudage.	7
I.2.4 Description d'un joint soudé.	8
I.2.5 Sources et types de défauts de soudage	9
I.3 Aperçu sur les méthodes de contrôle non destructif	11
I.4 Radiographie industrielle	13
I.4.1 Historique.	13
I.4.2 Principe de la radiographie	13
I.4.3 Production des rayons X	15
I.4.4 Les rayons X et gamma comme radiations électromagnétiques	16
I.4.5 Absorption des rayons X et gamma	17
I.4.6 Application de la radiographie à l'examen des soudures	18
I.4.7 Le film radiographique et son développement.	19
I.4.8 Mode opératoire de la radiographie par rayons X ou gamma	20
I.4.9 Considérations liées à la qualité de l'image radiographique.	20
I.4.9.1 Contraste radiographique.	20
I.4.9.2 Définition radiographique	21
I.4.10 L'interprétation des radiographies de soudures	21
I.5 Conclusion	25
Chapitre II – Traitement numérique des images des films de radiographie	26
Sous-chapitre 1 – Traitement numérique des images	27
II.1.1 Introduction	27
II.1.2 Schéma général du système de vision des radiogrammes par ordinateur.	28
II.1.3 Numérisation des images radiographiques	29
II.1.4 Prétraitement	30
II.1.4.1 Sélection interactive de la région d'intérêt	30
II.1.4.2 Réduction de bruit	31
II.1.4.3 Amélioration de contraste	32
II.1.4.3.1 Le recadrage de dynamique	32
II.1.4.3.2 Méthode locale d'amélioration de contraste	34

II.1.5 Segmentation	35
II.1.5.1 Seuillage global par la méthode d'Otsu	36
II.1.5.2 Seuillage local adaptatif	38
II.1.6 Les opérateurs morphologiques et le post-traitement	38
II.1.7 Conclusion	40
Sous-chapitre 2 – Présentation des résultats et commentaires	41
II.2.1 Numérisation	41
II.2.2 Prétraitement	41
II.2.2.1 Extraction des régions d'intérêts	41
II.2.2.2 Réduction du bruit	42
II.2.2.3 Amélioration du contraste	42
II.2.2.3.1 Recadrage de dynamique par l'application d'une LUT	42
II.2.2.3.2 Méthode locale de l'amélioration de contaste	44
II.2.3 Segmentation par seuillage	44
II.2.4 Le post-traitement et les opérateurs morphologiques	49
II.2.5 Conclusion	50
Chapitre III – Analyse quantitative des images des défauts de soudure.	51
III.1 Introduction	52
III.2 Extraction de contour	53
III.3 Attributs morphologiques.	53
III.3.1 La surface.	53
III.3.2 Le périmètre.	54
III.3.3 Le centre de gravité.	54
III.3.4 L'angle d'orientation	54
III.3.5 La longueur et la largeur du rectangle exinscrit.	55
III.3.6 Le diamètre maximal	56
III.3.7 Le rayon du cercle maximal inscrit.	56
III.4 Attributs géométriques invariants	56
III.4.1 La compacité.	56
III.4.2 L'élongation.	56
III.4.3 La rectangularité	57
III.4.4 La symétrie.	57
III.4.5 L'indice d'allongement.	57
III.4.6 L'indice d'écart au cercle inscrit.	57
III.4.7 Les moments géométriques invariants.	58
III.4.8 L'anisométrie	60

III.5	Présentation des résultats et des commentaires	60
III.5.1	Illustration des paramètres géométriques et les images des défauts utilisés	60
III.5.2	Relation entre les attributs invariants proposés et les types des défauts	66
III.5.3	Vérification de l'invariance des attributs proposés.	66
III.5.4	Normalisation du vecteur d'attributs	67
III.5.5	Optimisation de la dimension du vecteur d'attributs	68
III.6	Conclusion	70
Chapitre IV	– Les Réseaux de Neurones et la Classification des défauts de soudures	. 71
IV.1	Concepts de base dans la reconnaissance des formes	72
IV.2	La classification et ses applications	72
IV.3	Les réseaux de neurones artificiels.	74
IV.3.1	Introduction.	74
IV.3.2	Présentation des réseaux de neurones.	75
IV.3.2.1	Le neurone	75
IV.3.2.2	L'architecture du réseau.	76
IV.3.2.3	L'apprentissage du réseau par la méthode de la rétropropagation	76
IV.4	Implémentation des RNA dans la classification des défauts de soudures.	85
IV.4.1	Choix des classes des défauts de soudure	86
IV.4.2	Configuration du réseau utilisé	86
IV.4.3	Discussion des résultats.	87
IV.5	Perspectives et travaux futurs.	89
IV.5.1	Elargissement et optimisation du nombre d'attributs	89
IV.5.2	Classification à l'intérieur de chaque catégorie sur la base d'autres attributs	89
IV.5.3	Enrichissement de la banque des défauts de soudure.	91
IV.6	Conclusion.	91
	Conclusion générale	92
	Bibliographie	95