

"VERS UN SYSTEME D'AIDE A L'EXPERTISE EN RADIOGRAPHIE INDUSTRIELLE :
APPLICATION DE METHODES DE TRAITEMENT D'IMAGE"

F.Y. BRIAND, B. LAVAYSSIÈRE

E.D.F. - Direction des Etudes et Recherches
6, Quai Watier - 78400 CHATOU

RESUME

Dans cet article nous présentons la synthèse d'un problème complexe d'application des méthodes de traitement numérique d'image au domaine de l'expertise en radiographie industrielle.

La qualité et la diversité des images à traiter rendent délicat le choix d'une stratégie d'analyse et des opérateurs de traitement. Nous soulignons tout particulièrement l'importance constante de la connaissance a priori dans les différents choix à effectuer ceci tant au niveau de la stratégie d'analyse que localement dans le choix des modalités d'application des différents opérateurs.

Une orientation "système à base de connaissances" est proposée. Une base de connaissances, codée de façon modulaire sous forme de règles de production, est en cours de réalisation.

Une telle approche doit permettre, à terme, un réel transfert de savoir-faire du traiteur d'image en radiographie industrielle vers l'expert radiographe chargé de l'interprétation des films.

SUMMARY

In this paper we present a synthesis of a difficult problem : application of image processing methods to industrial radiograph in non destructive testing.

The selection of the image processing operators is complex regarding the quality and diversity of this kind of images.

Here we emphasize the importance of the a priori knowledges when we try to select and combine different operators.

Actually "Knowledge-based system" orientation is proposed to resolve this problem.

So we develop a knowledge base coded with production rules.

Ideally, in the future this system will allow expert radiograph to use the many possibilities of image processing methods.



1. INTRODUCTION

Le traitement d'images est utilisé dans de nombreux domaines comme un outil puissant et efficace d'aide au diagnostic et à la quantification.

La Direction des Etudes et Recherches d'Electricité De France a entrepris ces dernières années une étude portant sur l'application des méthodes numériques de traitement d'image au domaine de l'expertise en radiographie industrielle et ceci dans le cadre du contrôle non destructif de tubulures au sein des centrales nucléaires.

Dans ce contexte industriel, la conception d'un système informatique à base de traitement d'image a pour but de mettre à la disposition de l'expert radiographe chargé de l'interprétation des radiogrammes, l'ensemble des possibilités offertes par les méthodes numériques de traitement d'image : amélioration d'image, segmentation et quantification de l'information.

Cependant du fait de la qualité et de la diversité de l'information à traiter, la généralisation d'un traitement unique et figé à l'ensemble des images ne peut être envisagée.

De ce fait nous avons été amenés à concevoir un système basé sur l'exploitation des connaissances a priori sur les images. L'utilisation de ce type de connaissances et de celles plus spécifiques au traitement d'image doit permettre à un opérateur, dans une situation donnée, d'adapter la solution à mettre en oeuvre aux "données" du problème à résoudre.

Cette étude s'oriente donc vers la conception d'un système à base de connaissance en traitement d'image ou "analyse de bas niveau".

Tout au long de cet article nous nous proposons de présenter une vue d'ensemble du problème à résoudre en explicitant successivement :

- l'apport du traitement d'image au domaine de l'expertise en radiographie industrielle,
- la nature complexe des images et la difficulté dans le choix et l'adaptation de méthodes adéquates,
- l'importance jouée par la connaissance a priori et la prise en compte du "contexte" dans le traitement de telles images,
- le fonctionnement d'une approche "système à base de connaissances" et le mode de représentation sous forme de règles de production.

2. EXPERTISE VISUELLE ET TRAITEMENT D'IMAGE

La radiographie industrielle, pour le contrôle des tubulures, permet de détecter dans des zones "à risque" (soudures, pièces moulées principalement), la présence d'inhomogénéités ou défauts. Chaque radiogramme est visuellement inspecté par l'expert radiographe qui doit détecter, reconnaître et quantifier les défauts. La qualité des radiogrammes (films gammagraphiques souvent très granulaires et faiblement contrastés) et les faibles dimensions des défauts (inclusions, fissures, retassures...) rendent le travail de l'expert très difficile. La quantification des défauts dans de telles conditions est sujette à une certaine subjectivité qui biaise le suivi de l'évolution des défauts détectés.

Dans ce contexte, les apports des techniques de traitement numérique de l'information sont multiples.

Dans un premier temps, la numérisation (microdensitomètre ou caméra CCD) et l'utilisation de traitements effectuant la mise à plat des images (suppression du gradient de fond d'image), la réduction du bruit par filtrage (linéaire ou morphologique) et l'augmentation des contrastes (égalisation d'histogramme, normalisation, relaxation...) améliorent considérablement le confort visuel de l'expert et facilitent la prise de décision quant à la nature exacte des indications détectées sur le radiogramme (défaut/artefact).

L'utilisation de méthodes de segmentation ayant pour objectif d'isoler "les objets significatifs" des images (indications de défauts) permet, par la nature des traitements et des paramètres utilisés, de quantifier ou plus exactement de modéliser les critères de décision de l'expert. La reproductibilité des traitements utilisés garantit un meilleur suivi des défauts détectés. La quantification est effectuée sur l'image segmentée.

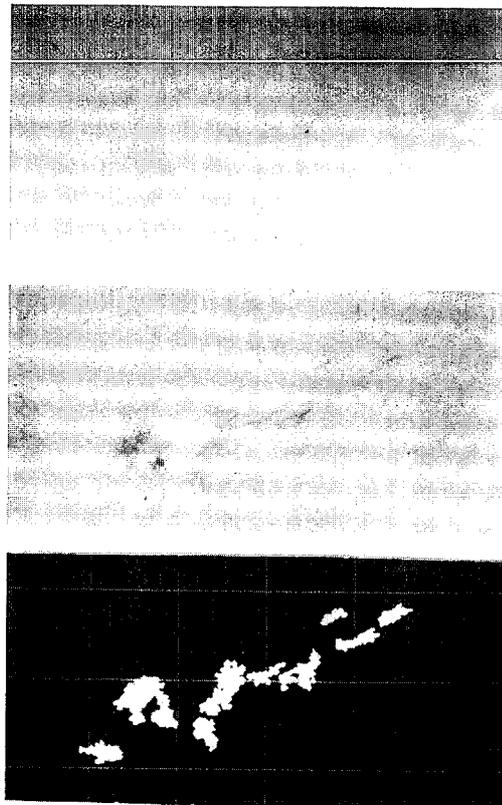


Figure 1 : Image d'origine, augmentation du contraste, segmentation

Des mesures pertinentes telles que la longueur de squelette, le calcul de surface, la mesure de distances inter-objets sont effectuées de manière simple.

3. LA COMPLEXITE DES IMAGES ET LE CHOIX DES METHODES

Dans un problème de traitement d'image, le choix des opérateurs de traitement dépend de la qualité des images à traiter. La qualité d'une image est une notion abstraite difficile à décrire et d'avantage encore à quantifier. Cependant quatre caractéristiques nous permettent d'apprécier la qualité des images à traiter. Ces caractéristiques sont :

- la faiblesse des contrastes entre les défauts et le fond de l'image,

- la présence d'un gradient sur le niveau du fond de l'image dû à la variation en épaisseur des pièces contrôlées,
- l'aspect diffus ou quasi inexistant des contours d'objets,
- l'importance du "bruit" granulaire donnant aux images un aspect fortement texturé.

L'importance relative de ces quatre phénomènes est fonction de la nature de la pièce contrôlée et des conditions de numérisation (épaisseur et forme de la pièce, choix d'une zone d'intérêt et du pas de numérisation).

Dans ce contexte la variation de la taille, de la forme et de l'orientation des défauts (pour des défauts anisotropes de type fissuration par exemple) est un handicap supplémentaire dans la sélection des traitements à mettre en oeuvre.

Dans le cadre de cette étude, nous avons testé un certain nombre de méthodes d'amélioration de contraste et de segmentation, et déduit un certain nombre de conclusions.

Tout d'abord, nous soulignons la limitation des méthodes traditionnelles de segmentation d'image (seuillage, détection de contours par des opérateurs spécialisés,...) et d'analyse de texture (méthodes statistiques). D'une manière générale nous avons été confrontés constamment pour ces images peu contrastées, et fortement texturées, au problème de l'utilisation de méthodes (filtrage, augmentation de contraste, segmentation) sans apport suffisant de connaissances a priori sur l'information à traiter.

En fait l'ensemble des études réalisées nous conduit à conclure à la non-existence d'une solution unique, généralisable à l'ensemble des images de radiographies industrielles.

La démarche à suivre consistera à adapter la stratégie d'analyse, le choix des opérateurs et des paramètres de traitement aux caractéristiques fréquentielles et au contenu sémantique des images à traiter.

4. IMPORTANCE DE LA CONNAISSANCE A PRIORI - CHOIX ET ADAPTATION

Comme le rappelle S. THORPE (5) les performances du système visuel humain proviennent de la capacité à tenir compte du contexte et de ses connaissances générales pour faciliter le processus de reconnaissance en réduisant le nombre de possibilités à considérer.

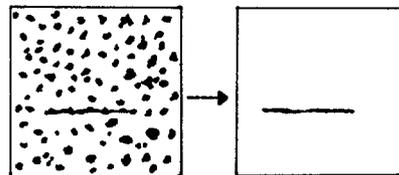
Pour le traitement d'images bruitées ou fortement texturées l'utilisation d'une information de "contexte" est très souvent indispensable pour la segmentation des images.



Figure 2 : Une image fortement texturée (inclusion)

L'image de la figure 2 illustre très bien ce problème. La seule information portée localement par les pixels est insuffisante pour une segmentation correcte de l'image. Une information supplémentaire portant sur la nature de l'objet à segmenter, les caractéristiques du fond de l'image et la nature exacte de la texture s'avère nécessaire.

le filtrage: la fermeture morphologique



le "voisinage" => l'élément structurant

le choix: un segment de droite horizontal

Figure 3 : Importance du voisinage

Ainsi le choix de la taille et de la forme de la fenêtre d'observation, pour des traitements utilisant une information de voisinage, conditionne l'efficacité du traitement opéré sur l'image. Les exemples sont nombreux :

- taille, forme et choix des coefficients du masque de convolution en filtrage linéaire,
- paramètres de la mise à plat des images par soustraction de la composante basse fréquence,
- nature du voisinage et de la mesure de compatibilité pour des méthodes de type relaxation d'histogramme,
- taille de la fenêtre de calcul pour des méthodes locales d'augmentation du contraste,
- choix de la taille et de la forme des éléments structurants (disque, segment) pour des transformations morphologiques de type filtrage, chapeau haut de forme ou propagation conditionnelle de marqueurs par exemple (1,2).

En fait deux types de connaissances interviennent dans la résolution d'un tel problème :

- des connaissances portant sur la nature granulaire des images (modèle de texture),
- des connaissances sémantiques ou connaissances de haut niveau sur la nature du fond de l'image et des défauts suspectés suivant un modèle descendant d'analyse ("top down") : utilisation d'information portant sur la forme, l'orientation et la taille a priori des objets dans l'image (4).

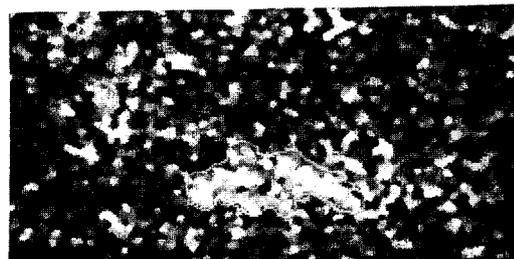


Figure 4 : Image de la figure 2 après segmentation



Les efforts développés actuellement portent d'une part sur une meilleure compréhension de l'information par l'étude des propriétés texturales des images. Notamment, le caractère aléatoire de la texture granulaire des images traitées (figure 2) nous a conduit à nous intéresser au modèle booléen généralisé en 3D par F. PRETEUX (6).

D'autre part différentes études portant sur l'apport des méthodes d'augmentation du contraste (relaxation d'histogramme,...) et l'utilisation de techniques de segmentation basées sur le principe de marquage et propagation de marqueurs sont également menées.

5. UN SYSTEME A BASE DE CONNAISSANCES

Comme nous l'avons souligné au cours du paragraphe précédent nous avons à faire face à des problèmes constants de choix et d'adaptation : des opérateurs et des paramètres de traitement, mais également choix d'une stratégie, c'est-à-dire de la place et du rôle attribués à chacun, dans la constitution d'une "chaîne" de traitement.

L'expérience nous a montré que des problèmes jugés triviaux pour un traiteur d'image deviennent très vite insolubles pour un néophyte, le choix de la taille d'un filtre ou de la valeur d'un seuil par exemple. Comment donc dans ce contexte permettre au radiographe de bénéficier de l'expérience et des connaissances du traiteur d'image ?

Ce problème est un problème de transfert de "savoir faire" et se rattache à ce titre aux travaux réalisés dans le domaine de l'Intelligence Artificielle et plus exactement aux études actuellement menées sur la réalisation de système à base de connaissances en traitement d'image (8,9).

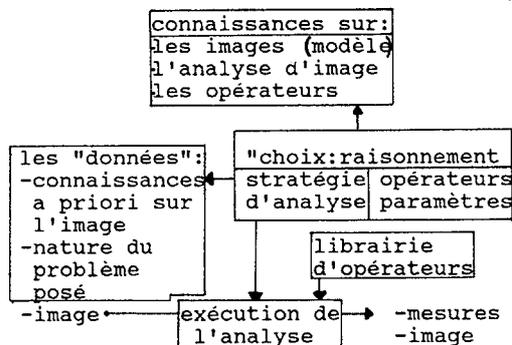


Figure 5 : Schéma fonctionnel du système proposé

La modélisation des connaissances souvent de nature heuristique n'est pas un problème simple. L'utilisation d'une représentation sous forme de règles de production suivant un principe de condition-conclusion/action est une solution communément proposée dans la littérature de référence (8,9,10). Ce type de représentation nous permet d'associer aux connaissances a priori sur les images (les données du problème) les procédures les plus adaptées au traitement de l'information.

Ainsi, localement, la règle de production permet de déterminer les conditions d'application d'un opérateur. Par exemple pour un problème de prétraitement par filtrage linéaire on aura :

...

(Rn) Si défaut de type inclusion
alors défaut de forme volumique.

...

(Rm) Si défaut de forme volumique
alors le masque de convolution est de forme carré.

...

Pour un problème de quantification on aura :

...

(Rp) Si défaut de type fissure
alors le défaut est de type linéaire fin.

...

(Rl) Si défaut de type linéaire fin
alors la mesure est de type longueur de squelette.

...

(Rs) Si la mesure est de type longueur de squelette
alors la séquence de traitement est squelettisation, ébarbulation, comptage.

Pour un problème plus général de détermination d'une stratégie on aura :

...

(Rj) Si le problème est la quantification des défauts
alors les sous-butts sont prétraitement, segmentation, quantification.

...

(Ri) Si le problème est l'aide à la visualisation
alors le problème est amélioration de l'image.

...

(Rk) Si le problème est l'amélioration de l'image
alors les sous-butts sont la mise à plat et l'augmentation du contraste de l'image.

On détermine ainsi, au niveau le plus haut (stratégie) comme au niveau le plus bas, les séquences de traitements les mieux adaptées aux problèmes ou "sous-problèmes" posés.

6. CONCLUSION

Tout au long de cet article nous nous sommes efforcés de présenter les différents aspects d'une application industrielle complexe des techniques de traitement numérique des images.

Nous avons également cherché à souligner l'évolution des travaux entrepris à partir d'un problème de choix de méthodes vers un réel problème de transfert de connaissances.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) BRILLAULT B.
"Mesures par analyse d'image en radiographie industrielle"
"L'image instrument de mesure", SEE mars 1988, Gif-sur-Yvette
- (2) BRIAND F.Y. , BRILLAULT B., PHILLIP S.
"Quantification de défauts dans des images de radiographies industrielles"
2ème Atelier Scientifique (CNRS) : Traitement d'Images : du Pixel à l'interprétation (TIPI) ; Aussois, Savoie, 19-22 avril 1988.
- (3) SERRA J.
"Image analysis and mathematical morphology" - Vol. 1 et 2 - Academic press, inc. (1982, 1988)
- (4) HATON J.P.
"Intelligence Artificielle en compréhension automatique de la parole : état des recherches et comparaison avec la vision par ordinateur" - T.S.I. Vol. 4 n° 3 1985
- (5) THORPE S.
"Traitement d'image chez l'homme" - TSI - Vol. 7, n° 6 1988
- (6) PRETEUX F.
"Description et interprétation d'images par la morphologie mathématique. Application à l'imagerie médicale"
Thèse de doctorat d'Etat, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI - 1987
- (7) PHILLIP S.
"Analyse de texture appliquée aux radiographies industrielles"
Thèse d'université - Université Pierre et Marie Curie - Paris VI 1988
- (8) GARBAY C.
"Quelques propositions pour la réalisation d'un système expert en segmentation d'images" - T.S. Vol. 4 n° 3 1987.
- (9) MATSUYAMA T.
"Expert System for Image Processing - Knowledge-Based Composition of Image Analysis Processes"
9th "ICPR" 14-17 November 1988 Rome.
- (10) NAZIF A.M., LEVINE M.D.
"Low level image segmentation : an expert system"
IEEE PAMI - Vol. PAMI 6, n° 5, September 1984.

